بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده کشاورزی

گروه آب و خاک

عنوان پایان نامه ارشد

بررسی برهم کنش گوگرد، باکتری تیوباسیلوس و ورمی‌کمپوست بر روی عملکرد لوبیا و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

دانشجو

الهه مهدی فر

استاد راهنما

دکتر شاهین شاهسونی

اساتید مشاور

مهندس علی اصغر نادری

دکتر حمید رضا اصغری

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

شهریور ۱۳۹۳

پروردگارا

نه می‌توانم موهایشان را که در راه عزت من سفید شدند، سیاه کنم

و نه برای دست‌های پینه بسته‌شان که ثمره تلاش برای افتخار من است، مرهمی دارم.

پس توفیقم ده که هر لحظه شکرگزارشان باشم و ثانیه های عمرم را در عصای دست بودنشان بگذرانم.

به پدر و مادرم

و

برادران و خواهرانم

که وجودم برایشان همه رنج بود و وجودشان برایم همه مهر

تشکر و قدردانی

لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق

سپاس و ستایش من از خالق هستی، آنکه الطاف بیکرانش مرا توفیق هر آغاز بود و عنایت هر انجام. به شکرگذاری او سجده باید کرد که این همه از اوست اگر هست.

از پدر و مادر مهربانم، دو بی نهایت لطف پروردگارم، با شرمی و حقارت بیانم سپاسگذارم، که در قبال حمایت بی دریغ و شهامت دریایی و صبر بی اندازه شان، جمله ای شایسته تر ندارم.

سپاس خالصانه دارم از استاد گرانقدرم جناب آقای دکتر شاهین شاهسونی که جز با معرفت و راهنمایی حکیمانه شان رسیدن به این مقصود میسر نمی شد و از مشاوران محترم، استاد شایسته جناب آقای دکتر حمیدرضا اصغری که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند، و استاد صبور و باتقوا، جناب آقای مهندس علی اصغر نادری که بدون مساعدت ایشان این پروژه به اتمام نمی رسید، کمال تشکر را دارم و خود را همیشه نیازمند یاری این سه بزرگوار در گستره علم و ادب می دانم.

از محضر اساتید محترم داور جناب آقای دکتر حمید عباسدخت و جناب آقای دکتر علی عباسپور که زحمت داوری این پروژه را بر عهده داشتند و نماینده محترم تحصیلات تکمیلی جناب آقای دکتر موحدنژاد و کارشناس محترم آزمایشگاه خاک شناسی جناب آقای مهندس شاکری تشکر می کنم و قدردان برادران و خواهران مهربانم، دوستان و همکلاسی های بسیار خوبم هستم که جای جای این پایان نامه نشانی از حضور صمیمی آنهاست.

خدایا چنان کن سرانجام کار تو خشنود باشی و ما رستگار

الهه مهدی فر شهریور ماه ۱۳۹۳

تعهد نامه

اینجانب **الهه مهدی فر** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **علوم خاک** دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **بررسی برهم کنش گوگرد، باکتری تیوباسیلوس و ورمی‌کمپوست بر روی عملکرد لوبیا و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک** تحت راهنمائی **دکتر شاهین شاهسونی** متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

* متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد .

چکیده

تصور نادرست عملکرد بیشتر با کاربرد کود بیشتر در بین اکثریت کشاورزان ایران از یک طرف و عدم بکارگیری انواع کودهای آلی و بیولوژیکی واصلاح کننده‌های خاک از طرف دیگر سبب عدم تعادل عناصر غذایی در خاک وگیاه، تخریب خاک و آلودگی محیط زیست گردیده است. با توجه به اینکه در ایران بیشتر خاک‌های قابل کشت، دارای بستر آهکی بوده و اغلب دارای pH بیش از ۸ می‌باشند وقوع این امر سبب شده است که جذب بیشتر عناصر غذایی با مشکلاتی مواجه باشد. یکی از بهترین راهها برای کاهش pH خاک، استفاده از گوگرد عنصری و مواد آلی همراه باکتری اکسید کننده گوگرد به عنوان عوامل اسید زا است. به این منظور آزمایشی تحت عنوان بررسی اثرگوگرد گرانوله،کودآلی ورمی‌کمپوست وباکتری تیوباسیلوس بر عملکرد لوبیا قرمز و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در شهر کلاته رودبار واقع در شهرستان دامغان بصورت فاکتوریل و بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در۳۶ کرت آزمایشی اجرا گردید. فاکتور گوگرد گرانوله در سه سطح S_0=عدم مصرف، S_1=مصرف ۵۰۰ کیلوگرم درهکتار، S_2= مصرف ۱۰۰۰کیلوگرم درهکتار، کودآلی ورمی‌کمپوست در دو سطح V_0=عدم مصرف، V_1=مصرف۵ تن در هکتار و فاکتور تیوباسیلوس که در دو سطح عدم مصرف(T_0) و مصرف تیوباسیلوس (T_1) اعمال گردید. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که ترکیب دو عامل گوگرد گرانوله و باکتری تیوباسیلوس باعث افزایش معنی‌داری درصد پروتئین دانه لوبیا و عملکرد پروتئین شد و افزایش سطوح گوگرد گرانوله، باعث افزایش مقدار کلروفیل برگ و درصد گوگرد کل شد. استفاده از ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست توانست درصد کربن آلی خاک و درصد رطوبت اشباع را افزایش دهد. اثرات اصلی تیمارها و اثرات متقابل آنها تا حدودی توانست pH خاک را کاهش دهد، به همین دلیل و با توجه به آهکی بالای خاک مورد نظر، درصد آهک خاک کاهش چندانی از خود نشان نداد. به طورخلاصه می توان نتیجه گرفت که مصرف گوگرد گرانوله با کودآلی ورمی‌کمپوست در حضور باکتریهای اکسید کننده گوگرد توانست، برخی ازخصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک را بهبود ببخشد.

کلمات کلیدی:گوگرد گرانوله، کودآلی ورمی کمپوست، تیوباسیلوس

مقالات مستخرج از پایان نامه

مطالعه اثر متقابل گوگرد و باکتری تیوباسیلوس بر میزان پروتئین دانه لوبیا قرمز گونه *Phaseolus vulgaris*. دومین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی. اردیبهشت ۱۳۹۳.

بررسی خصوصیات شیمیایی خاک تحت تاثیر گوگرد گرانوله، باکتری تیوباسیلوس و کود ورمی-کمپوست در زراعت لوبیا قرمز. دومین همایش ملی گیاهان دارویی و کشاورزی پایدار. شهریور ۱۳۹۳.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- اهمیت حبوبات ۳

۱-۳- لوبیا ۴

۱-۴- لوبیا قرمز ۵

۱-۵- مبدا و پیدایش ۵

۱-۶- گوگرد ۵

۱-۷- ورمی کمپوست ۶

۱-۸- تیوباسیلوس ۷

۱-۹- اهداف مطالعه ۷

فصل دوم: بررسی منابع

۲-۱- گیاه‌شناسی ۱۰

۲-۲- نیاز آب و هوایی ۱۰

۲-۳- نیاز کودی ۱۱

۲-۴- گوگرد ۱۱

۲-۴-۱- نقش گوگرد در گیاهان ۱۱

۲-۴-۲- علائم کمبود گوگرد در گیاهان ۱۴

۲-۴-۳- مقدار گوگرد در خاک ۱۵

۲-۴-۴- عوامل موثر بر اکسایش گوگرد ۱۵

۲-۴-۴-۱- میکروفلور خاک..... ۱۵
۲-۴-۴-۲- دما..... ۱۶
۲-۴-۴-۳- رطوبت خاک..... ۱۶
۲-۴-۴-۴- اسیدیته خاک..... ۱۶
۲-۴-۴-۵- اندازه ذرات گوگرد..... ۱۷
۲-۴-۵- جنبه‌های عملی در خصوص گوگرد..... ۱۷
۲-۵- اثرات نامطلوب کودهای شیمیایی بر محیط زیست..... ۱۹
۲-۶- تیوباسیلوس..... ۲۰
۲-۷- ماده آلی..... ۲۱
۲-۷-۱- مواد آلی و اثر آن بر خصوصیات خاک..... ۲۱
۲-۷-۲- اثر مواد آلی بر خصوصیات فیزیکی خاک..... ۲۳
۲-۷-۳- اثر مواد آلی بر خصوصیات شیمیایی خاک..... ۲۵
۲-۷-۳-۱- هدایت الکتریکی(EC)..... ۲۶
۲-۷-۳-۲- واکنش خاک(pH)..... ۲۶
۲-۷-۳-۳- ظرفیت تبادل کاتیونی(CEC)..... ۲۷
۲-۷-۳-۴- کربن آلی (OC)..... ۲۸
۲-۷-۴- نقش کودهای بیولوژیک در تغذیه گیاه..... ۲۸
۲-۷-۵- انواع کودهای بیولوژیک..... ۲۹
۲-۷-۶- مهمترین ویژگی‌های کمپوست کرمی در مقایسه با سایر مواد کودی..... ۲۹
۲-۸- نتیجه نهایی از مباحث فوق..... ۳۲

۲-۹- نیتروژن..... ۳۴
۲-۹-۱- نقش نیتروژن در گیاه..... ۳۴
۲-۹-۲- کودهای شیمیایی نیتروژنه..... ۳۴
۲-۹-۳- تاثیر کود نیتروژن بر رشد بقولات..... ۳۴
۲-۱۰- فسفر..... ۳۶
۲-۱۱- پتاسیم..... ۳۸
۲-۱۲- نتایج به‌دست آمده از مطالعات سایر محققان..... ۳۹

فصل سوم: مواد و روش‌ها

۳-۱- زمان و محل آزمایش..... ۴۴
۳-۲- موقعیت جغرافیایی محل آزمایش..... ۴۴
۳-۳- شرایط آب و هوایی محل اجرای آزمایش..... ۴۴
۳-۴- عملیات اجرایی..... ۴۴
۳-۴-۱- نوع و قالب طرح آزمایشی..... ۴۴
۳-۴-۲- عملیات آماده سازی زمین و اعمال تیمارها..... ۴۶
۳-۵- عملیات زراعی..... ۴۶
۳-۶- صفات مورد بررسی گیاه..... ۴۷
۳-۶-۱- ارتفاع بوته در زمان گلدهی..... ۴۷
۳-۶-۲- تعداد غلاف در بوته..... ۴۷
۳-۶-۳- تعداد دانه در غلاف..... ۴۷
۳-۶-۴- وزن صد دانه..... ۴۷

۳-۶-۵- کلروفیل برگ.....۴۷
۳-۶-۶- اندازه گیری ازت به روش تیتراسیون بعد از تقطیر (کجلدال).....۴۸
۳-۶-۷- اندازه گیری فسفر به روش کالریمتری (رنگ زرد مولیبدات وانادات).....۴۸
۳-۷- صفات مورد بررسی خاک.....۴۸
۳-۷-۱- EC.....۴۸
۳-۷-۲- pH.....۴۹
۳-۷-۳- درصد آهک.....۴۹
۳-۷-۴- اندازه گیری کربن آلی، ازت کل و گوگرد کل با دستگاه CHNS.....۴۹
۳-۷-۵- اندازه گیری پتاسیم قابل جذب.....۴۹
۳-۷-۶- اندازه گیری فسفر به روش اولسن.....۵۰
۳-۷-۷-درصد رطوبت اشباع.....۵۱
۳-۸- تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها.....۵۱

فصل چهارم: نتایج و بحث

۴-۱- صفات اندازه گیری شده در گیاه.....۵۴
۴-۱-۱- ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، وزن صد دانه و میزان سطح برگ.....۵۴
۴-۱-۲- پروتئین.....۵۵
۴-۱-۳- فسفر دانه.....۵۷
۴-۱-۴- کلروفیل.....۵۸
۴-۲- صفات اندازه گیری شده در خاک.....۵۹
۴-۲-۱- هدایت الکتریکی (EC).....۵۹
۴-۲-۲- واکنش خاک (pH).....۶۱

۴-۲-۳- درصد کربن آلی خاک..... ۶۲
۴-۲-۵- درصد ازت کل خاک..... ۶۵
۴-۲-۵- پتاسیم قابل جذب..... ۶۸
۴-۲-۶- فسفر قابل جذب خاک..... ۶۸
۴-۳-۷- درصد گوگرد کل..... ۷۰
۴-۳-۸- درصد آهک..... ۷۰
۴-۳-۹- درصد رطوبت اشباع (Sp%)..... ۷۱
۴-۳- نتیجه گیری..... ۷۲
۴-۴- پیشنهادات..... ۷۳
منابع..... ۷۵
پیوست..... ۹۳

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

۳-۱- نقشه کشت..... ۴۵
۴-۱- اثر متقابل گوگرد و تیوباسیلوس بر درصد پروتئین دانه..... ۵۶
۴-۲- اثر متقابل گوگرد و تیوباسیلوس بر عملکرد پروتئین..... ۵۷
۴-۳- تاثیر سطوح مختلف گوگرد بر میزان کلروفیل..... ۵۸
۴-۴- تاثیر سطوح مختلف گوگرد گرانوله بر میزان شوری خاک..... ۵۹
۴-۵- اثر متقابل سه گانه گوگرد، ورمی کمپوست و تیوباسیلوس بر میزان شوری خاک..... ۶۰

۴-۶- تاثیر مصرف ورمی‌کمپوست بر میزان pH خاک.....۶۳
۴-۷- تاثیر مصرف ورمی‌کمپوست بر میزان کربن آلی خاک.....۶۴
۴-۸- اثر متقابل گوگرد و ورمی‌کمپوست بر میزان کربن آلی خاک.....۶۴
۴-۹- تاثیر سطوح مختلف گوگرد بر درصد نیتروژِن خاک.....۶۶
۴-۱۰- تاثیر ورمی‌کمپوست بر درصد نیتروژن کل.....۶۷
۴-۱۱- اثر متقابل گوگرد و ورمی کمپوست بر درصد نیتروژن خاک.....۶۷
۴-۱۲- اثر متقابل گوگرد و تیوباسیلوس بر درصد نیتروژن خاک.....۶۷
۴-۱۳- تاثیر سطوح مختلف گوگرد بر درصد نیتروژن کل.....۷۰
۴-۱۴- اثر متقابل تیوباسیلوس و ورمی‌کمپوست بر درصد رطوبت اشباع.....۷۱

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی ورمی‌کمپوست مورد استفاده.....۴۵
جدول ۳-۲- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده.....۴۶
پیوست ۱- میانگین مربعات صفات زراعی لوبیا تحت تاثیر گوگرد گرانوله،
باکتری تیوباسیلوس و کود ورمی‌کمپوست- (الف).....۹۴
پیوست ۲- میانگین مربعات صفات زراعی لوبیا تحت تاثیر گوگرد گرانوله،
باکتری تیوباسیلوس و کود ورمی‌کمپوست- (ب).....۹۴
پیوست ۳- میانگین مربعات صفات زراعی لوبیا تحت تاثیر گوگرد گرانوله،
باکتری تیوباسیلوس و کود ورمی‌کمپوست- (ج).....۹۵

پیوست۴- میانگین مربعات خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تحت تاثیر

گوگرد گرانوله، باکتری تیوباسیلوس و کود ورمی‌کمپوست- (الف).....۹۵

پیوست۵- میانگین مربعات خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تحت تاثیر

گوگرد گرانوله، باکتری تیوباسیلوس و کود ورمی‌کمپوست- (ب).....۹۶

پیوست۶- میانگین مربعات خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تحت تاثیر

گوگرد گرانوله، باکتری تیوباسیلوس و کود ورمی‌کمپوست- (ج).....۹۶

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

کشاورزی را می‌توان به عنوان یک سلسله از روش‌ها برای تسلط بر محیط زیست و رشد گیاهان زراعی توصیف کرد. انتخاب نوع محصول، زمانبندی و رعایت اجرای به موقع عملیات زراعی، کاربرد کود و سموم دفع آفات و بیماری‌ها و آب، همگی فنونی برای تسلط بر برخی از صور محیط می‌باشند. هدف این است که با استفاده از مواهب خاک، آب و نور خورشید، از حداکثر ظرفیت بالقوه‌ی تولید محصول بهره برداری نمود (خلیلی محله و همکاران، ۱۳۸۵). علی رغم وسعت زیاد کشور، به علت محدودیت‌هایی مانند کوهستانی بودن، شوری خاک و غیره، سطح اراضی قابل کشت بسیار محدود بوده و برای نیل به خود کفایی در تولید محصولات کشاورزی لازم است میزان عملکرد در واحد سطح افزایش یابد (منطقی، ۱۳۶۵).

رشد جمعیت و توسعه اقتصادی و اجتماعی کشور در دو دهه اخیر باعث شده است تا مصرف مواد پروتئینی افزایش چشمگیری یابد. بر این اساس افزایش تولید مواد پروتئینی به ویژه پروتئین‌های گیاهی که منابع ارزشمندتری در تغذیه هستند، اجتناب ناپذیر است. حبوبات به عنوان یکی از مهمترین منابع گیاهی غنی از پروتئین بعد از غلات، دومین منبع مهم غذایی انسان هستند و جزء اصلی رژیم غذایی بسیاری از مردم فقیر جهان را تشکیل می‌دهند چرا که مقادیر قابل توجهی پروتئین مرغوب موجود در دانه این محصولات، در ترکیب با غلات می‌تواند یک ترکیب بیولوژیک ارزشمند غذایی فراهم نماید. این گیاهان با تثبیت زیستی نیتروژن ضمن بهبود حاصلخیزی خاک به صورت گیاهان پوششی و یا در تناوب با بسیاری از گیاهان زراعی در جلوگیری از فرسایش خاک موثر بوده و نقش مهمی در پایداری نظام‌های کشاورزی ایفا می‌نمایند و برای تنوع بخشی به نظام‌های کشت مبتنی بر غلات، به عنوان محصولات ممتاز در نظر گرفته می‌شوند (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

محدودیت اراضی مستعد و قابل کشت همراه با افزایش تقاضا برای مواد غذایی، محققین بخش کشاورزی را با چالش بزرگی روبرو نموده است. به همین جهت، در شرایطی که عملا توسعه اراضی کشور مقدور نیست، بیشتر نگاه‌ها به افزایش عملکرد در واحد سطح معطوف شده است. از مؤلفه‌های اساسی افزایش عملکرد محصولات، مصرف بیشتر نهاده‌ها به ویژه کودهای شیمیایی است. در بسیاری موارد کاربرد

کودهای شیمیایی باعث بروز مشکلات زیست محیطی، بهداشتی، اقتصادی شده است و تأثیر سوئی بر چرخه زیستی و خود پایداری نظام‌های زراعی دارند. کاربرد گسترده کودهای شیمیایی نیتروژن سبب آلودگی منابع آب و خاک و از این طریق باعث ایجاد بیماری‌های مختلفی در انسان می‌شود (قربانی، ۱۳۸۶).

برای کاهش این مخاطرات باید از منابع و نهاده‌هایی استفاده کرد که علاوه بر حداکثر تولید، توجه به کیفیت خاک و رعایت بهداشت و ایمنی محیط زیست لحاظ گردد. یکی از راه‌کارهای مهم، استفاده از میکروارگانیسم‌های مفید خاکزی، تحت عنوان کودهای زیستی می‌باشد. مصرف کودهای زیستی به عنوان یک روش سازگار با طبیعت و مطلوب برای محیط زیست، جهت زنده و فعال نگه داشتن سیستم حیاتی خاک در اراضی کشاورزی مطرح می شوند. عرضه مواد آلی به خاک، به دلیل پاسخگویی به مبرم‌ترین نیاز آن، بزرگترین مزیت این قبیل کودها است. علاوه بر این، تأمین عناصر غذایی به صورتی کاملاً متناسب با تغذیه طبیعی گیاهان، کمک به تنوع زیستی، تشدید فعالیت‌های حیاتی، بهبود کیفیت و حفظ سلامت محیط زیست و در مجموع حفظ و حمایت از سرمایه‌های ملی (خاک، آب، منابع انرژی غیر قابل تجدید) از مهمترین مزایای کوده‌های زیستی محسوب می‌شوند.کودهای زیستی در برخی موارد به عنوان جایگزین و در بیشتر موارد به عنوان مکمل کودهای شیمیایی، پایداری تولید را در سیستم‌های کشاورزی تضمین می‌کنند (صالح راستین، ۱۳۸۰).

۱-۲- اهمیت حبوبات

اهمیت گیاهان خانواده حبوبات در حاصلخیزی خاک از شش هزار سال قبل که مصریان آنها را در تناوب کشت خود قرار می‌دادند، روشن بوده است. حبوبات بعد از تیره کاسنی، تقریباً دومین تیره مهم گیاهان گلدار می‌باشند (حاجی هاشمی، ۱۳۸۶). این گیاهان از منابع مهم غذایی، سرشار از پروتئین برای تغذیه انسان و دام به شمار می‌روند.

دانه حبوبات با دارا بودن حدود ۳۲- ۱۸ درصد پروتئین در مقایسه با پروتئین‌های حیوانی در رژیم غذایی مردم، به ویژه در تغذیه افراد کم درآمد، اهمیت بسیار دارد. ارزش زیستی پروتئین حبوبات به سبب دارا بودن بسیاری از اسیدهای آمینه ضروری بالاست (مجنون حسینی، ۱۳۸۷). وجود مقادیر بالایی از اسید آمینه لایسین[۱] در حبوبات می‌تواند مقدار کم این اسید آمینه را در غلات جبران نماید (پارسا و باقری، ۱۳۸۷). دانه حبوبات از لحاظ عناصر معدنی مانند آهن و کلسیم غنی هستند و مقادیر کمی از ویتامین‌های کاروتئین، ریبوفلاوین، اسید آسکوربیک و مقدار متوسطی نیاسین و تیامین نیز دارند که در سلامتی تن موثر هستند (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

پروتئین موجود در دانه حبوبات ۲ تا ۳ برابر غلات و ۱۰ تا ۲۰ برابر بیشتر از برخی گیاهان غده‌ای است (پارسا و باقری، ۱۳۸۷). از دیگر ویژگی‌های مهم این گیاهان می‌توان به نقش آنها در ثبات تولید اکوسیستم‌های کشاورزی جهان از طریق تناوب با سایر گیاهان زراعی و تثبیت زیستی نیتروژن اشاره کرد. اهمیت حبوبات بعد از غلات است و در ایران بعد از گندم و برنج قرار دارد و در بین حبوبات، سویا، لوبیا و نخود از لحاظ سطح زیر کشت به ترتیب مقام اول تا سوم را حائز می‌باشند (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

۱-۳- لوبیا

لوبیا در بین حبوبات جهان دارای بیشترین سطح زیر کشت است. بر اساس آمار انتشار یافته سطح زیر کشت جهانی این گیاه بالغ بر ۳۴ میلیون هکتار گزارش شده است (گراهام و رانالی، ۱۹۹۷). سطح زیر کشت این گیاه در ایران ۱۲۵ هزار هکتار با میانگین عملکردی بیشتر از متوسط عملکرد جهانی در حدود ۱۴۷۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (غفاری خلیق، ۱۳۷۹). این محصول با داشتن حدود ۲۲ درصد پروتئین و ۵۰ تا ۶۰ درصد کربوهیدارت، از نظر ارزش غذایی جایگزین خوبی برای گوشت می‌باشد (باقری و همکاران، ۱۳۸۰).

[۱] Lycin

۱-۴- لوبیا قرمز

لوبیا قرمز در انگلیس با نام علمی *Phaseolus vulgaris L* به نام‌های Rice bean ,Scarlet runner و Read bean مشهور می‌باشد که شکل‌های قلوه‌ای، استوانه، کروی درشت و ریز دارد. بهترین انواع لوبیا قرمز مورد کشت و کار در ایران لوبیا قرمز ناز، گلی، بهمن، صیاد، درخشان و ارقام امید بخش هستند که بر حسب شرایط آب و هوایی و تکنیک‌های مطلوب زراعی از ۱۸۰۰ تا ۳۵۰۰ کیلوگرم در هکتار محصول می‌دهند. استان‌های خراسان، مرکزی، لرستان، آذربایجان غربی، تهران، قزوین، زنجان و مازندران از مناطق مهم کشت لوبیا قرمز هستند. لوبیا قرمز علاوه بر پروتئین و فیبر کافی، منبع خوبی از مواد آنتی اکسیدان (ضد سرطان) به شمار می‌رود (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

۱-۵- مبدأ و پیدایش

مطالعات نشان داده که لوبیا به طور پراکنده در آمریکای مرکزی و جنوبی اهلی شده است. مک کلین و همکاران منطقه پرو در آمریکای مرکزی را به عنوان مبدأ لوبیا گزارش کرده‌اند (شارون اندرسون، ۲۰۰۳).

۱-۶- گوگرد

گوگرد یکی از عناصر غذایی پر مصرف و ضروری برای تمام موجودات زنده می‌باشد. میزان گوگرد گیاهان تقریبا مشابه میزان فسفر آنهاست و از طرفی گوگرد از لحاظ کیفی به اندازه نیتروژن در تشکیل پروتئین سلولی اهمیت دارد. به طور کلی گوگرد در تشکیل کلروفیل گیاهان، فعال کردن بعضی از آنزیم‌ها (پاپائینازها و آنزیم ATP سولفوریلاز)، تشکیل آنزیم نیتروژناز و نیز در ساختمان شیمیایی برخی از ویتامین‌ها (بیوتین و تیامین)، مواد ناقل الکترون مانند فرودوکسین (موثر در احیای جذبی نیترات و سولفات)، دخالت دارد. این عنصر باعث افزایش مقاومت گیاه به امراض، خشکی و سرما می-شود و همچنین از تجمع نیترات در گیاهان جلوگیری می‌کند. علاوه بر موارد یاد شده، اثرات مصرف گوگرد در اصلاح خاک‌های سدیمی و بهبود وضعیت تغذیه گیاهان در خاک‌های آهکی را نباید از نظر دور داشت (خاوازی و ملکوتی، ۱۳۸۰؛ ویدیالاکشمی و همکاران، ۲۰۰۹).

گوگرد در خاک‌هایی که تهویه خوبی ندارند، توسط باکتری‌های هتروتروف ابتدا به SH_2 تبدیل می‌شود. این ترکیب گوگردی اکسید شده و در نهایت به اسید سولفوریک تبدیل می‌شود که خاک را اسیدی می‌نماید. همانند نیتروژن فرم‌های اکسید شده گوگرد به شکل یون $(SO_4)^{-2}$ توسط گیاهان جذب می‌شود. گوگرد جزء ساختمانی اسیدهای آمینه سیستئین و متیونین است (نیک‌نیایی، ۱۳۸۶؛ الدور، ۲۰۰۷). اکسیداسیون شیمیایی گوگرد بسیار کند است و قسمت اعظم گوگرد موجود در خاک توسط میکروارگانیسم‌ها اکسید می‌شود. بنابراین هر عاملی که بتواند رشد و نمو فعالیت میکروارگانیسم-های اکسید کننده گوگرد را تحت تاثیر قرار دهد، بر میزان اکسیداسیون گوگرد در خاک نیز اثر خواهد گذاشت. میزان اکسیداسیون بیولوژیک گوگرد به اثرات متقابل سه فاکتور اصلی جمعیت میکروارگانیسم‌های اکسید کننده گوگرد، مشخصات ترکیبات گوگردی و شرایط محیطی موجود در خاک بستگی دارد (ملکوتی و ریاضی همدانی، ۱۳۷۰؛ ژی هیو و همکاران، ۲۰۱۰).

۱-۷- ورمی کمپوست

در چند دهه‌ی اخیر مصرف نهاده‌های شیمیایی در اراضی کشاورزی موجب معضلات زیست محیطی عدیده‌ای گردیده است (درزی و همکاران، ۱۳۸۷). استفاده مداوم از کودهای شیمیایی میزان کربن آلی را کاهش داده و در نتیجه منجر به آبشویی بیشتر می‌گردد. با گذشت زمان انباشت نمک‌ها موجب تغییر pH خاک و در نتیجه کاهش باروری آن می‌گردد و به دلیل کمبود خاک‌های سطحی مطلوب، میزان باروری و حاصلخیزی خاک کاهش می‌یابد (آوان و همکاران، ۱۳۸۷). کشاورزی پایدار بر پایه مصرف کودهای زیستی با هدف حذف یا تقلیل چشمگیر در مصرف نهاده‌های شیمیایی، یک راه مطلوب جهت غلبه بر این مشکلات به شمار می‌آید (شارما، ۲۰۰۲). موادی مانند زباله‌های جامد شهری، لجن فاضلاب، مواد زائد موجود در بستر قارچ خوراکی و حتی بقایای گیاهی به عنوان مواد نامطلوب و کم ارزش به حساب می‌آیند. اخیرا مطالعات زیادی نشان داده که چنین موادی پس از کمپوست شدن مناسب، می‌توانند به عنوان بستر رشد استفاده شوند (گارسیا گومز و همکاران، ۲۰۰۲). اخیرا فرایند تولید ورمی‌کمپوست با استفاده از کرم‌های خاکی به عنوان یک فناوری آسان و یک روش

طبیعت دوست، برای به دست آوردن کود آلی از مواد زائد و تثبیت آن مورد توجه قرار گرفته است. ورمی‌کمپوست‌ها دارای عناصر غذایی مانند فسفر و پتاسیم به فرمی که به آسانی برای گیاه قابل جذب و دسترسی است، می‌باشند (درزی و همکاران، ۱۳۸۷). تولید ورمی‌کمپوست، یک فرایند Eco-Biotechnologica است که کمپلکس‌های آلی را پردازش و به هوموس پایدار تبدیل می‌کند. ماده آلی، بهترین نوع کود برای تقویت خاک و رشد مناسب گیاه است (پارثا ساراثی، ۲۰۰۷).

۱-۸- تیوباسیلوس

حضور جمعیت کافی از میکروارگانیسم‌های اکسید کننده گوگرد در خاک موجب تشدید اکسیداسیون گوگرد، کاهش pHخاک، افزایش حلالیت عناصر غذایی و در نتیجه افزایش رشد گیاهان را فراهم می‌کند باکتری‌های جنس تیوباسیلوس مهم‌ترین میکروارگانیسم‌های اکسید کننده گوگرد خاک هستند (روپلا و تااورا، ۱۹۷۳). تلقیح کردن خاک با این باکتری باعث افزایش سرعت اکسیداسون گوگرد می‌شود. در صورتی که جمعیت این باکتری در خاک پایین باشد، مصرف گوگرد همراه با تیوباسیلوس در خاک‌های آهکی و قلیایی اثرت سودمندی به دنبال خواهد داشت (وین رایت، ۱۹۸۴).

۱-۹- اهداف مطالعه

کشاورزی پایدار به عنوان یک نظام زراعی شامل رهیافت‌هایی است که وابستگی کشاورزان به برخی نهاده‌های کشاورزی را کاهش می‌دهد و منجر به افزایش سودمندی مزرعه، کاهش تخریب محیط زیست و تعادل بین نسل‌ها می‌گردد. بدون تردید، کاربرد کود های بیولوژیک علاوه بر اثرات مثبتی که بر کلیه خصوصیات خاک دارد، از جنبه‌های اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی نیز مثمر ثمر واقع شده و می‌تواند به عنوان جایگزینی مناسب و مطلوب برای کودهای شیمیایی باشد (کاظمی و مردان، ۱۳۸۹).

ورمی‌کمپوست حاصل فعالیت بیولوژیک نوعی کرم خاکی به نام علمی *Eisenia fotida* می‌باشد. کرم‌های زباله‌خوار با تغذیه زائدات آلی آنها را تجزیه کرده و دگرگون می‌نمایند. فرایند هضم این کرم‌ها به تغییر سریع‌تر مواد آلی منتهی شده و کمپوست تثبیت می‌شود. گوگرد یکی از عناصری

است که می‌تواند به طور مستقیم و غیر مستقیم فرایند گره‌زایی و همزیستی را در گیاهان تثبیت کننده نیتروژن تحت تاثیر قرار دهد. با توجه به اهمیت گوگرد در بهبود عملکرد گیاهان تثبیت کننده نیتروژن، ضرورت استفاده از آن در تغذیه گیاه احساس می‌شود. گوگرد علاوه بر نقش تغذیه ای خود از طریق اصلاح pH و افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی گیاه می‌تواند موجب افزایش رشد و تثبیت نیتروژن درگیاه شود (امانی و همکاران، ۱۳۸۶). باکتری تیوباسیلوس نیز نوعی کود بیولوژیک محسوب می‌شود که باعث اکسایش بیولوژیکی گوگرد و در نتیجه افزایش قابلیت جذب آن برای گیاه می‌شود. علاوه بر این باعث افزایش قابلیت جذب برخی عناصر غذایی مانند روی، آهن، گوگرد و به ویژه فسفر می‌گردد (طبق دستورالعمل شرکت فراوری شیمیایی زنجان).

به منظور بررسی بر همکنش گوگرد، باکتری تیوباسیلوس و ورمی‌کمپوست بر روی برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و برخی خصوصیات لوبیا، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه‌ی طرح بلوک‌های کامل تصادفی در بهار ۱۳۹۲ در شهر کلاته رودبار واقع در شهرستان دامغان بر روی گیاه لوبیا قرمز گونه *Phaseolus vulgaris* انجام گردید.

با توجه به توضیحات بالا اهداف اصلی این مطالعه عبارتند از:

بررسی افزایش عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا با افزودن گوگرد و باکتری تیوباسیلوس

بهبود برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک با افزایش گوگرد، باکتری تیوباسیلوس و ورمی کمپوست

فصل دوم

بررسی منابع

۲-۱- گیاه شناسی

لوبیا با نام‌های انگلیسی Common Bean, Dry Bean, Bean و نام علمی *Phaseolus vulgaris* L. بوده و گیاهی خودگشن است. همه لوبیاهای خشک (چیتی، قرمز و کرم) در ایران از جنس و گونه *Phaseolus vulgaris* می‌باشند. لوبیا گیاهی یکساله، بالا رونده یا بوته‌ای، با ریشه عمودی و جانبی توسعه یافته و گاهی دارای گره‌های کروی است. ساقه آن گوشه‌دار یا شبه استوانه‌ای است. برگ‌های لوبیا متناوب و سه قسمتی است. گل‌آذین محوری یا انتهایی بوده و دارای چند گل به رنگ سفید، صورتی، سوسنی یا ارغوانی است. شکل غلاف خطی حداکثر به طول ۲۰ سانتی‌متر، راست و گاهی کمی منحنی دارد. دانه‌ها از نظر اندازه، شکل و رنگ متنوع اند. جوانه‌زنی بذر نیز به صورت اپی-جیل[1] می‌باشد (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

۲-۲- نیاز آب و هوایی

از آنجا که مبدأ اصلی لوبیا مناطق گرمسیری است این گیاه در سایر مناطق که درجه حرارت محیط کمتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد نباشد، جوانه خواهد زد. لوبیا گرما دوست بوده و به سرما و یخبندان بسیار حساس است. دمای مناسب برای رشد و نمو حدود ۳۰- ۲۵ درجه سانتی‌گراد است. لوبیا به خشکی و سایر تغییرات نامناسب محیطی واکنش نشان می‌دهد و عملکرد محصول آن تحت تأثیر قرار خواهد گرفت. لوبیا را در انواع خاک‌ها می‌توان کشت نمود، اما خاک مناسب باید نفوذپذیر بوده و از نظر مواد غذایی غنی باشد. در مناطق معتدل و گرمسیر با مقدار بارندگی متوسط ۱۵۰۰- ۲۰۰ میلی‌متر، می‌توان به کشت آن اقدام کرد (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

[1] Epigil

۲-۳- نیاز کودی

در زمین‌هایی که لوبیاکاری می‌شود باید مواد معدنی خاک به حد کافی بوده و مواد آلی خاک محافظت شود (یادگاری و برزگر،۱۳۸۶). کمبود مواد غذایی در خاک، به ویژه کمبود نیتروژن، فسفر و روی از تنش‌هایی غیر زیستی شایع در تولید لوبیا محسوب می‌شوند (مجنون حسینی، ۱۳۸۷). وجود عناصر غذایی از جمله نیتروژن، فسفر، روی، مولیبدن و آهن در افزایش گره‌بندی لوبیا بسیار مهم است (مکنزی و همکاران، ۲۰۰۱). لوبیا نیز مانند سایر گلوم‌ها تثبیت نیتروژن انجام می‌دهد که شاید فقط ۵۰ درصد نیاز خود به نیتروژن را بتواند از این فرآیند تأمین نماید. لذا مصرف کود نیتروژن به افزایش تثبیت نیتروژن و افزایش عملکرد لوبیا به میزان ۸/۵ درصد کمک خواهد نمود (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

کمبود فسفر یکی از مهمترین عوامل محدود کننده تثبیت نیتروژن مولکولی محسوب می‌شود. گیاهانی که قادر به تثبیت نیتروژن مولکولی هستند، در مقایسه با گیاهان مصرف کننده نیتروژن معدنی، به مقادیر بیشتری از عنصر فسفر نیازمندند. این نیاز شدید به فسفر نشان دهنده نقش حیاتی آن در انتقال انرژی در تثبیت نیتروژن می‌باشد (لیونگ و باتوملی، ۱۹۸۷).

۲-۴- گوگرد

۲-۴-۱- نقش گوگرد در گیاهان

مقدار گوگرد در گیاه تقریبا برابر با فسفر (۰/۲درصد) است. گوگرد جزئی از ترکیبات فرار، مخصوصا موادی است که در بعضی از گیاهان مانند پیاز، سیر و خردل ایجاد رایحه می‌نماید. با توجه به اهمیت گوگرد در تغذیه گیاهی، شواهدی مبنی بر واکنش مثبت گیاه به افزودن کودهای حاوی گوگرد در مناطق خشک و نیمه خشک موجود است، عملکرد مزارع یونجه در اثر افزایش گچ افزایش یافته که این اثر ممکن است بیشتر به دلیل مصرف گوگرد باشد تا کلسیم. اثرات مثبت گوگرد بر کاهش واکنش خاک‌های آهکی، افزایش حلالیت عناصر کم مصرف و همچنین پر مصرف بویژه فسفر و نقش آن در اصلاح خاک‌های شور و قلیا و خاصیت اصلاح کنندگی آب‌های نامناسب ثابت شده است. علاوه بر

افزایش عملکرد، پخش گوگرد در تاکستان‌ها در کیفیت دانه‌های انگور نیز موثر بوده است (موسسه تحقیقات آب و خاک، ۱۳۶۹). گوگرد جزو ساختمان اسیدهای آمینه سیستئین و متیونین و در نتیجه جزو ساختمان پروتئین هاست. هر دو این اسید آمینه، برای ساخت دیگر ترکیبات دارای گوگرد مانند کوآنزیم‌ها و فراورده‌های ثانوی گیاهان لازم هستند (خلدبرین و اسلام زاده، ۱۳۸۰).

گوگرد یکی از عناصری است که می تواند به طور مستقیم و غیر مستقیم فرایند گره‌زایی و همزیستی را در گیاهان تثبیت کننده نیتروژن تحت تاثیر قرار دهد. با توجه به اهمیت گوگرد در بهبود عملکرد گیاهان تثبیت کننده نیتروژن ضرورت استفاده از آن در تغذیه گیاه احساس می‌شود. گوگرد علاوه بر نقش تغذیه‌ای خود از طریق اصلاح pH و افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی گیاه می‌تواند موجب افزایش رشد و تثبیت نیتروژن در گیاه شود (امانی و همکارن، ۱۳۸۶).

کمبود گوگرد موجب تجمع ازت غیر پروتئینی در گیاهان می‌شود، چنانچه این کمبود از طریق دادن گوگرد بر طرف نشود، مصرف گیاه برای حیوانات نشخوار کننده زیان آور خواهد بود. در مقابل، غیر نشخوارکنندگان قادر به استفاده از مقدار اندک گوگرد جهت ساخت پروتئین‌ها نبوده و برای تشکیل آنها بایستی از پروتئین‌های کمکی مانند پودر ماهی و یا متیونین بهره مند شوند. کمبود گوگرد سبب تجمع نیترات در گیاهان غیر بقول می‌شود، زیادی نیترات برای حیوانات مصرف کننده چنین گیاهانی سمی است اثر زیادی نیترات را می‌توان تا حدودی از طریق افزایش گوگرد بر طرف نمود (کارینز وکاسون، ۱۹۶۱).

حرکت گوگرد در خاک عمدتا به‌صورت جریان توده‌ای[1] بوده و جذب آن بوسیله گیاهان به شکل آنیون سولفات تحقق می‌یابد. گوگرد در درون گیاه پویا نبوده، بنابراین، علایم کمبود آن، که شباهت زیادی با آثار کمبود ازت (رنگ پریدگی) دارد، از برگ‌های جوان آغاز می‌شود، چرا که گوگرد شبیه ازت، پس از جذب در درون گیاه احیاء شده و به شکل گروه‌های دی سولفید و سولفوریل در می‌آید.

[1] mass flow

برای قابل استفاده شدن گوگرد عنصری در خاک، لازم است به‌وسیله باکتری‌های تیوباسیلوس، که در اثر خاک‌های زراعی با درصد مواد آلی و رطوبت مناسب یافت می‌شوند، تبدیل به سولفات شود (ملکوتی، ۱۳۷۵). فرآیند تغییر شکل گوگرد در خاک و گیاه، مشابه ازت است. از آنجا که باقیمانده‌های گیاه محتوی گوگرد می‌باشند، بنابراین عنصر مزبور بر اثر اکسیده شدن بصورت سولفات آزاد می‌شود. در گیاهان رابطه‌ای نزدیک بین نیاز ازت و گوگرد مشاهده شده است. کمبود گوگرد اثری مهم در کاهش رشد گیاه داشته و به دلیل شرکت در ترکیبات پروتئینی کمبود آن با رنگ پریدگی در برگ‌های جوان مشخص می‌شود (هاگین وتاکر، ۱۹۸۲).

در سال‌های اخیر کمبودهای گزارش شده برای گوگرد به چهار دلیل افزایش یافته است:

۱ -افزایش مصرف کودهای شیمیایی بدون گوگرد

۲ -کاهش استفاده از گوگرد به‌عنوان قارچ‌کش و حشره‌کش

۳ -کاهش غلظت ترکیبات گوگردی در هوا و باران‌های اسیدی بدلیل تصفیه بهتر مواد سوختی و کاهش میزان گوگرد آنها

۴ -افزایش عملکرد محصولات در واحد سطح و برداشت مقدار بیشتری گوگرد از خاک (ملکوتی، ۱۳۷۵).

نیاز به گوگرد کشاورزی از طریق موسسه تحقیقات خاک و آب کشور و بعضی از محققین در سال ۱۳۷۲ به شرح زیر اعلام شده است:

الف- به منظور اصلاح و بهسازی خاک‌های اراضی شور و قلیا که حاوی منابع کلسیم (کربنات کلسیم) بوده و دارای سیستم زهکشی نیز می‌باشند مصرف دو تا پنج تن گوگرد در هکتار با اندازه ذرات ۱۰۰-۸۰ مش و یا به صورت دانه بندی شده با بنتونیت توصیه می‌شود.

ب- مصرف گوگرد درتهیه کودهای ازته پوشش شده با گوگرد (SCU) برای حدود ۵۰۰ هزار هکتار شالیزار و۲۰۰ هزار هکتار مزارع چغندر به ترتیب میزان ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پیشنهاد می-شود.

ج- تولید کودهای سولفات آمونیوم و سولفات پتاسیم برای کشاورزی کشور در مرحله اول جمعاً ۵۰۰۰۰۰ تن درسال الزامی خواهد بود.

د- مصرف گوگرد در زمینه حاصلخیزی خاک و تغذیه نباتات به منظور افزایش میزان فسفر، روی و آهن قابل استفاده در خاک‌های آهکی و بهبود کیفی آب آبیاری مورد نیاز می‌باشد (ملکوتی، ۱۳۷۵).

ه- در ذرت علوفه‌ای مصرف گوگرد به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، حدود ۲۵ درصد افزایش عملکرد داشته است (شاهرخ، ۱۳۶۸).

و- به طور کلی مصرف گوگرد زیاده از حد (۱۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) به صورت مداوم اثرات منفی داشته و حتی در بعضی موارد باعث کاهش محصول شده است (شاهرخ، ۱۳۶۸).

۲-۴-۲- علائم کمبود گوگرد در گیاهان

گوگرد در گیاهان جزء اصلی ساختمان اسید آمینه است. از آنجایی که گوگرد در تولید کلروفیل گیاهان نیز دخالت دارد، علایم کمبود آن مشابه با کلروزهای نیتروژنی است. با این وجود کمبود گوگرد متفاوت از کمبود نیتروژن است، به طوری‌که در کمبود نیتروژن، زردی برگ‌ها عموماً ابتدا روی برگ‌های مسن تر شروع شده و به طرف بالا پیش می‌رود، ولی در کمبود گوگرد زردی معمولاً روی برگ‌های جوانتر به وجود می‌آید. ممکن است برگ‌های جوان درجات متفاوتی از شدت کمبود را از نوک برگ تا قاعده آن نشان دهند، ولی آنها نیز پس از مدتی کلروزه شده و زرد رنگ می‌شوند، تحت شرایط کمبود شدید، علاوه بر زردی برگ‌های مسن، ممکن است علایم دیگری نظیر سوختگی انتهای برگ‌ها نیز بروز نماید. این سوختگی نشان دهنده تجمع نیترات در برگ‌هاست که در اثر کمبود گوگرد به وجود آمده است. کمبودهای شدید گوگردی حتی سبب عدم تشکیل خوشه گندم می‌شود. در مزرعه علایم کمبود گوگرد مشابه با کمبود نیتروژن است ولیکن زردی برگ‌ها با شدت کمتر و غالباً در برگ-های جوانتر دیده می‌شود. در خاک‌هایی که در آن کودهای منو آمونیوم فسفات و دی آمونیوم فسفات مصرف می‌شود، به دلیل عدم وجود ترکیبات گوگردی و وجود مقادیر زیادی نیتروژن در این کودها،

کمبود گوگرد رایج‌تر است. در حالی‌که استفاده از کود سوپر فسفات معمولی به دلیل داشتن ۱۲درصد گوگرد، کمبود گوگرد امری استثنائی خواهد بود. مگر اینکه چنین کمبودی در خاک‌های شدیداً شنی همراه با بارندگی فراوان اواخر فصل رشد دیده شود (اسنوبال و رابوسون، ۱۹۹۱).

۲-۴-۳- مقدار گوگرد در خاک

با اینکه مقدار گوگرد در پوسته زمین به طور متوسط ۰/۰۶ درصد است، ولی غلظت آن در خاک‌های مختلف بسیار متغیر بوده، بستگی به مقدار مواد آلی و رس دارد. غلظت گوگرد خاک با اندازه‌ی مواد آلی آن نسبت مستقیم دارد. در خاک‌ها، گوگرد عمدتا به شکل آلی است، مقدار گوگرد آلی در خاک‌های شنی کمتر، و در خاک‌های رسی تا ۶۰۰ و میانگین آن در حدود ۳۰۰ میلی گرم در هر کیلوگرم خاک است. ترکیب معدنی گوگرد در خاک عمدتا به‌صورت سولفات می‌باشد، که به سهولت برای گیاه قابل استفاده است (سالار دینی، ع ا ، (مترجم)، ۱۳۷۲).

۲-۴-۴- عوامل موثر بر اکسایش گوگرد در خاک‌ها

چند عامل که بر اکسایش گوگرد عنصری در خاک‌ها اثر دارند، عبارتند از:

۱ -میکرو فلور خاک ۲-دما ۳-رطوبت ۴ -اسیدیته ۵-ریزی ذرات گوگرد (بورنز، ۱۹۶۸).

۲-۴-۴-۱- میکرو فلور خاک

سالهاست که مشخص شده اکسایش گوگرد عنصری در خاک بوسیله چند گونه باکتری از جنس تیوباسیلوس انجام می‌شود. معمولترین گونه آن تیوباسیلوس تیواکسیدان است، اما سایر گونه-ها عبارتند از تیوباسیلوس تیوپاروس، تیوباسیلوس کوپرالیتیکوس و تیوباسیلوس فرواکسیدانس. این ارگانیزم‌ها هوازی‌های خود خوراک ساز اجباری هستند. اینها نیز، با شیوه‌ای شبیه شیوه نیترات سازها، انرژی خود را از اکسایش یک ماده معدنی، که در این مورد گوگرد است، به دست می‌آورند و کربن خود را از کربن دی اکسید تامین می‌کنند. میزبانی از ارگانیزم‌ها دراکسایش گوگرد شرکت می‌کند، برخی از ارگانیزم تنها یک یا دوگام فرآیند را پیش می‌برند اما مجموع واکنش‌ها به تولید اسید

سولفوریک می‌انجامد و این واکنش به اکسیژن مولکولی نیاز دارد. گوگرد یکی از موثرترین عامل‌ها برای افزایش قدرت اسیدی خاک است (لی پائولینا، ۱۹۶۴).

$$S + 3/2O_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_4 \qquad (۱-۲)$$

۲-۴-۴-۲- دما

مانند اغلب واکنش‌های زیست شناختی، افزایش دما سرعت اکسیده شدن گوگرد در خاک را افزایش می‌دهد. داده ها تا ۴۰ درجه سانتی گراد سرعت رو به افزایش در اکسایش نشان می‌دهند. تحقیقات نشان داده است که حداکثر اکسایش بین ۲۷ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد انجام می‌شود و در دماهای ۵۵ تا۶۰ درجه سانتی‌گراد ارگانیزم کشته می‌شود. از نظر علمی به نظر می‌رسد که اگر دمای خاک بالای ۲۵ درجه سانتیگراد باشد میزان اکسایش گوگرد افزوده شده قابل ملاحظه خواهد بود (لی پائولینا، ۱۹۶۴).

۲-۴-۴-۳- رطوبت خاک

سریع ترین اکسایش، در سطح رطوبت نزدیک یا برابر با ظرفیت زراعی انجام می‌شود. هنگامیکه خاک‌ها بیش از حد، مرطوب یا خشک باشند اکسایش گوگرد افزوده شده به شدت کند می‌شود. چون درجه تهویه خاک، رابطه معکوس با رطوبت خاک دارد، در مقدار رطوبت زیاد اکسیژن یک عامل محدود کننده می‌شود. چون ارگانیزم‌های اکسیدکننده گوگرد هوازی هستند، کاهش میزان اکسایش گوگرد در رطوبت‌های زیاد بدون تردید مربوط به کاهش عرضه اکسیژن است (کیتامز و آتو، ۱۹۶۵).

۲-۴-۴-۴- اسیدیته خاک

گوگرد درخاک‌های نواحی مرطوب معمولا به صورت ترکیبات آلی و درمناطق خشک به صورت سولفات کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم است در هر دو حالت قسمت قابل توجهی از گوگرد به صورت سولفات محلول در خاک یا به صورت جذب شده در سطح کلوئیدها و کمپلکس‌های خاک مشاهده می‌شود. چون گیاهان گوگرد مورد نیاز خود را به صورت سولفات از خاک جذب می‌کنند

بنابراین گوگرد آلی نیز بایستی معدنی شود تا مورد استفاده قرار گیرد. ابتدا باکتری‌های هتروتروفیک ترکیبات آلی گوگرددار را تجزیه می‌کنند تا وقتی که ترکیبات ساده‌تری به دست آید و باکتری‌های مخصوص، به اکسیده کردن آنها بپردازند.

$$[HS]^{-1} + 2O_2 \rightarrow SO_4^{-2} + H^+ + E$$ رابطه (۲-۲)

میکروارگانیسم‌های تیوباسیلوس که می‌توانند ترکیبات آلی گوگرد را اکسید کنند تماما نسبت به pH خاک حساسیت دارند و pH مناسب آنها با یکدیگر تفاوت دارد از پنج گونه شناخته شده تیوباسیلوس، دو گونه تیواکسیدانس و فرواکسیدانس درpH ۲ تا ۳/۵ و بقیه درpHهای نزدیک خنثی بهتر می‌توانند فعالیت کنند. بر عکس در بعضی شرایط غیر هوازی سولفات خاک به وسیله میکروارگانیسم‌ها احیاء می‌شود و به این طریق عنصر گوگرد یا سولفیت به وجود می‌آید.

$$SO_4^{-2} + 4H_2 \rightarrow 4H_2O + S$$ رابطه (۲-۳)

۲-۴-۴-۵- اندازه ذرات گوگرد

توزیع اندازه ذره‌ای گوگرد داده شده اثر عمده‌ای بر سرعت تبدیل آن به سولفات‌ها دارد که البته این موضوع نتیجه قرار گرفتن سطح در معرض هجوم میکروارگانیزم‌هاست. هرچه اندازه ذرات مقدار معینی گوگرد ریزتر باشد ، سطح ویژه بیشتر و تبدیل به سولفات سریع‌تر است. در گوگرد درشت دانه، ۴۰ مش یا درشت‌تر، اکسایش کند است. سریعترین اکسایش در ریز آسیاب شده‌ترین گوگرد انجام می‌شود. موقعی که قرار است گوگرد عنصری به عنوان منبع عنصر غذایی گوگرد برای گیاه به خاک داده شود، بنا به قانونی تجربی باید ۱۰۰ درصد ماده از الک ۱۶ مش و ۵۰ درصد آن از الک ۱۰۰ مش عبور کند (جونز و راکمن، ۱۹۶۹).

۲-۴-۵- جنبه‌های عملی در خصوص گوگرد

ریشه گیاهان، گوگرد را تقریبا به طور کامل به صورت یون سولفات جذب می‌کنند. غلظت این یون در خاک برای گیاهان در حال رشد مهم است. غلظت آن تا حد زیادی تحت تاثیر عوامل موثر بر

نگهداری آن در خاک و خارج شدن از خاک است. بیشترین تلفات آبشویی گوگرد در خاک‌های درشت بافت در شرایط بارندگی زیاد است. در چنین شرایطی ممکن است کودهای دارای گوگرد به دفعات بیشتری لازم باشند تا در خاک‌های ریز بافت و بارندگی کمتر. گوگرد عنصری با سوپر فسفات معمولی مخلوط و به زمین داده می‌شود. به این ترتیب واکنش گیاه به گوگرد در دوره زمانی طولانی تری دوام خواهد داشت. سولفات‌ها در بعضی از رس‌ها و اکسیدهای آبدار آهن و آلومینیوم که معمولا در افقهای B وC خاک‌های بعضی مناطق مرطوب مشاهده می‌شود، نگهداری می‌شوند. گیاهان دارای ریشه عمیق، نظیر یونجه، قادرند این گوگرد جذب سطحی شده را مصرف کنند. حتی در این خاک‌ها هم افق‌های سطحی ممکن است کمبود گوگرد داشته باشند و باید تا زمان رسیدن ریشه‌های این نهال‌ها به ناحیه غنی از گوگرد خاک، این عنصر به خاک داده شود. گندمیان مرتعی بهتر از بقول‌ها قادر به مصرف سولفات هستند. در مراتع مخلوط گندمی مرتعی- بقول، گندمیان مرتعی می‌توانند سولفات قابل جذب را با سرعت بیشتری جذب کنند تا بقول‌ها. اگر میزان این عنصر درخاک در سطح کافی حفظ نشود، بقول‌ها از مخلوط خارج می‌شوند زیرا گوگرد برای تثبیت نیتروژن بوسیله ریزوبیوم‌ها ضروری است (استیونسون، ۱۹۸۲).

در بعضی خاک‌ها ممکن است به دلیل تبدیل گوگرد به مواد آلی، مقداری از گوگرد افزوده شده به صورت ساکن درآید. این موضوع به ویژه در مورد خاک‌هایی صدق می‌کند که دارای مقادیر زیادی نیتروژن وکربن هستند اما مقدار گوگرد آنها محدود است. در خاک‌های دیگر که مقدار گوگرد نسبت به مقدار کربن و نیتروژن زیاد است، گوگرد سولفات آزاد می‌شود (استوارت، ۱۹۶۷).

گوگرد عنصری و پلی‌سولفیدها باید به سولفات تبدیل شوند تا گیاهان بتوانند آنها را جذب کنند. سرعت تبدیل گوگرد عنصری تحت تاثیر دما، رطوبت و توزیع اندازه ذره‌ای ماده داده شده به خاک است. گوگرد داده شده به خاک‌های خشک یا در هوای سرد، به سرعت اکسیده نمی‌شود. علاوه بر این، گوگردهای درشت دانه (۶۰ مش و درشت تر) با سرعت بسیار کمتری تبدیل به سولفات می‌شوند، تا گوگردهای ریزتر (۱۰۰-۸۰ مش و ریزتر). برای قابلیت جذب سریع و عمل باقیمانده گوگرد، ماده

داده شده باید هم ذرات ریز داشته باشد و هم ذرات درشت. اگر جذب فوری به وسیله گیاه مورد نظر باشد، کمی گوگرد سولفات نیز باید افزوده شود(جنسن، ۱۹۶۳).

به استثنای سولفات‌های آمونیوم، آلومینیوم و آهن، نمک‌های سولفات اثری بر **pH** خاک ندارند. این سه نمک، گوگرد عنصری، و پلی‌سولفیدها اسیدزا هستند و کاربرد طولانی آنها **pH** خاک را پایین می‌آورد. این کاهش را می‌توان با یک برنامه آهک دهی اصلاح کرد. یک کیلوگرم گوگرد عنصری آن مقدار اسید تولید می‌کند که سه کیلوگرم کربنات کلسیم برای خنثی شدن لازم خواهد داشت (جوردن، ۱۹۵۸).

استفاده طولانی مدت ازکودهای بدون گوگرد سرانجام در گیاهان کمبود گوگرد ایجاد می‌کند. این کمبود در خاک‌های درشت بافت نواحی مرطوب و مناطقی که مقدار گوگرد در آب باران اتمسفر اندک است، زودتر رخ می‌دهد. بعلاوه، تولید گیاهان پر محصول، که بخش عمده آنها از خاک خارج می-شود، نیز کمبود گوگرد را شدیدتر می‌کند (انسمینگر، ۱۹۵۸).

۲-۵- اثرات نامطلوب کودهای شیمیایی بر محیط زیست

کودهای شیمیای نمک‌های مقوی و مخربی هستند که در دراز مدت خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک را تخریب، نفوذپذیری خاک را کاهش داده، وزن مخصوص ظاهری را افزایش داده، نفوذ ریشه گیاهان را دچار مشکل ساخته و در نهایت کاهش عملکرد را به ارمغان می‌آورند. بدیهی است که این اثرات تخریبی کودهای شیمیایی یک طرف قضیه را تشکیل می‌دهند، از طرف دیگر مسائل مهم‌تری است که شامل خصوصیات کیفی تولیدات، مسائل زیست محیطی و آلودگی آب‌های زیرزمینی می‌باشد.کاربرد کودهای شیمیایی به میزان زیاد، به ویژه کودهای نیتروژنه سبب ایجاد تغییرات فیزیولوژیکی در گیاه شده، نشو و نمای بعضی از حشرات، کنه‌ها و عوامل بیماری‌زا را گسترش می‌دهد (ملکوتی، ۱۳۸۴). علاوه بر آن تلفات نیتروژن و پیامدهای محیطی آن از قبیل افزایش مقادیر نیترات در آب‌های سطحی و زیرزمینی، سرشارسازی منابع آب و کاهش متعاقب تنوع زیستی در آب‌های سطحی و بوم نظام‌های خشکی، اسیدی شدن خاک و آب‌های سطحی، به دلیل ته نشست آمونیاک و اکسیدهای

نیتروژن و افزایش میزان گاز N_2O را در جو به عنوان یک گاز گلخانه‌ای به دنبال دارد (جامی الاحمدی و همکاران، ۱۳۸۵).

۲-۶- تیوباسیلوس

مهم‌ترین اکسیدکنندگان گوگرد در خاک‌های کشاورزی، باکتری‌های جنس تیوباسیلوس می‌باشند (طباطبایی، ۱۹۸۶؛ وین رایت، ۱۹۸۴). میکروارگانیسم‌های اکسید کننده گوگرد از نظر فیزیولوژیک دارای طیف وسیعی بوده و انواع هتروتروف، فیتولیتوتروف، شیمیولیتوتروف و غیره را شامل می‌شوند (بشارتی کلایه، ۱۳۷۷). باکتری‌های هتروتروف (اکسیدکننده گوگرد) کربن و انرژی مورد نیاز خود را از مواد آلی تامین می‌کنند و به عنوان یک واکنش ضمنی گوگرد را نیز اکسید می‌کنند (خاوازی و همکاران، ۲۰۰۱).

اصولا میکروارگانیسم‌های اکسید کننده گوگرد به یک منبع انرژی و یک منبع تامین کربن نیاز دارند. سرعت اکسیداسیون گوگرد توسط هتروتروف‌ها کند بوده و نسبت به اتوتروف‌ها از نظر اکسایش گوگرد اهمیت کمتری دارند (بشارتی، ۱۳۷۷). باکتری‌های جنس تیوباسیلوس از نوع کمولیتوتروف می-باشند که به انواع خاکزی اجباری و اختیاری تقسیم می‌شوند (خاوازی و همکاران، ۲۰۰۱). قسمت اعظم گوگرد مصرفی در خاک به روش بیولوژیک اکسید می‌گردد (طباطبایی، ۱۹۸۶؛ وین رایت، ۱۹۸۴).

باکتری‌های تیوباسیلوس با اکسایش ترکیبات گوگردی انرژی لازم برای تثبیت CO_2 را کسب کرده و مقداری اسید در محیط زیست خود تولید می‌کنند (ملکوتی و ریاضی همدانی، ۱۳۷۰). تعداد باکتری-های جنس تیوباسیلوس در اکثر خاک‌ها کم بوده و در حد ۱۰۰ گرم خاک خشک می‌باشد (بشارتی و همکاران، ۱۳۷۹). برای افزایش تعداد اتوتروف‌های اکسیدکننده گوگرد در خاک، دو راه وجود دارد:

۱ -تلقیح با انواع کودهای بیولوژیک گوگردی

۲ -استفاده مداوم از گوگرد در خاک‌های زراعی (خاوازی و همکاران، ۲۰۰۱)

استفاده از توان بالقوه گوگرد وقتی موثر و نتیجه بخش خواهد بود که پس از مصرف به اندازه کافی

در خاک اکسید گردد. قسمت اعظم گوگرد مصرف شده توسط میکروارگانیسم‌های مختلف اکسید می-گردد. (طباطبایی، ۱۹۸۶؛ کیلهام، ۱۹۴۴و مس یردی و کروس، ۱۹۸۲). اکسیداسیون گوگرد خاک به-وسیله تیوباسیلوس‌ها توسط مجموعه‌ای از گونه‌های این جنس انجام می‌شود که محصول عمل هر گونه، ممکن است سوبسترای گونه دیگری باشد (کیلهام، ۱۹۸۴) بعلاوه هر گونه‌ای از این جنس می‌تواند طیف خاصی از مواد گوگردی را اکسید نماید. برای مثال همه گونه‌ها و یا سویه‌های درون یک گونه معین قادر به اکسایش گوگرد عنصری نمی‌باشند (تات، ۱۹۹۵).

دلایل اصلی برای نسبت دادن نقش غالب اکسایش گوگرد به تیوباسیلوس‌ها عبارت است از:

الف- این باکتری‌ها ترکیبات احیا شده گوگرد را اکسیده می‌کنند و این مسیر تنها راه (و گاهی ترجیحی) کسب انرژی آنها است.

ب- گر چه تعداد آنها در خاک کم است ولی با افزودن گوگرد تعداد آنها افزایش می‌یابد و این افزایش با ازدیاد تولید سولفات مطابقت دارد.

ج- تلقیح خاک با تیوباسیلوس، باعث افزایش این موجودات و در نتیجه افزایش اکسایش گوگرد می‌شود (وین وایت، ۱۹۸۴).

۲-۷- ماده آلی

۲-۷-۱- مواد آلی و اثر آن بر خصوصیات خاک

آلوده شدن محیط زیست یکی از خطرات جدی می‌باشد که جهان با آن روبرو شده است (کولاتا و همکاران، ۱۹۹۲). استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی نیز به بیشتر شدن آلودگی محیط می‌افزاید. به سبب استفاده نامتعادل از کودهای شیمیایی در تولیدات کشاورزی، حاصلخیزی خاک دستخوش تغییر شده است (آویرد، ۱۹۸۸). از این رو می‌توان با استفاده از کودهای زیستی از این خطرات جلوگیری کرد. کاربرد مواد آلی کمپوست شده در خاک می‌تواند اثرات مفیدی بر کیفیت شیمیایی، بیوشیمیایی و فیزیکی خاک و ظرفیت مواد غذایی مورد نیاز گیاه در خاک داشته باشد (کووالجو و مزارینو، ۲۰۰۷).

هرچند استفاده از کودهای معدنی ظاهرا سریع‌ترین و مطمئن‌ترین راه برای تأمین حاصلخیزی خاک به شمار می‌رود، لیکن هزینه‌های زیاد مصرف کود، آلودگی و تخریب محیط زیست و خاک، نگران کننده است. مواد آلی به علت اثرات سازنده‌ای که بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی خاک دارند، به عنوان یکی از ارکان باروری خاک شناخته شده‌اند (کلباسی، ۱۳۷۵). تهیه ورمی‌کمپوست از ضایعات آلی و افزودن آن به خاک سبب کاهش آلودگی محیط زیست و افزایش فعالیت ریز جانداران در خاک می‌شود (آرنود و همکاران، ۲۰۰۰).

ورمی‌کمپوست محصول تثبیت مواد آلی به وسیله فعل و انفعالات کرم‌های خاکی و میکروارگانیسم‌ها می‌باشد. ورمی‌کمپوست همانند کودهای گیاهی، دارای تخلخل بالا و تهویه و زهکشی مناسب، ظرفیت نگهداری آب بالا و فعالیت‌های میکروبی است که خاک را برای رشد و نمو گیاه بسیار مناسب می‌سازد (آتیه و همکاران، ۲۰۰۲). ورمی‌کمپوست یک سطح بسیار ریز را برای فعالیت‌های میکروبی و نگهداری مواد غذایی ایجاد می‌کند (شی وی وفو جی، ۱۹۹۱). در نتیجه بسیاری از مواد غذایی مانند نیترات، فسفات، کلسیم و پتاسیم می‌توانند بیشتر در دسترس گیاه قرار گیرند. همچنین ورمی‌کمپوست‌ها باعث جلوگیری از رشد قارچ‌های بیماری زا مانند پیتیوم، رایزوکتونیا و ورتیسیلیوم می‌شوند. نتایج بررسی‌ها حاکی از آن است که استفاده از ورمی‌کمپوست در مزرعه می‌تواند بیماری را در برخی از گیاهان کاهش داده و زمینه بهبودی آنها را فراهم نماید. بعضی از ورمی‌کمپوست‌ها جمعیت گیاهان انگلی را کنترل می‌کنند (جان استون و همکاران، ۱۹۹۵).

میزان مواد آلی موجود در قشر سطحی یک خاک معدنی معمولاً حدود ۰/۵ تا ۵ درصد وزنی است؛ اما در بعضی از خاک‌های پیت این میزان به حدود ۱۰۰ درصد نیز می‌رسد. حتی در خاک‌های غیرآلی، مواد آلی خاک می‌تواند اثرهای قابل توجهی بر روی خواص فیزیکی و شیمیایی باقی گذارند. اندکی بعد از وارد شدن بقایای آلی در خاک، میکروب‌ها برای تامین مواد غذایی و انرژی خود شروع به تجزیه آنها می‌کنند. مواد آلی غیر هوموسی شامل موادی می‌شود که یا تجزیه نشده‌اند (بافت‌های تازه) و یا تا حدی تجزیه شده‌اند. اجسام غیر هوموسی شامل کربوهیدرات‌ها و ترکیبات وابسته، پروتئین‌ها و

مشتقات آن، چربی‌ها، لیگنین‌ها، تانن‌ها و برخی فرآورده‌های کم پوسیده، می‌باشد. مواد آلی غیر هوموسی ممکن است شامل ریشه‌ها و اندام‌های هوایی گیاهان مختلف در حال پوسیدگی نیز بشود (کونونوا، ۱۹۶۱).

هوموس مخلوطی از مواد کلوئیدی و بی شکل قهوه‌ای یا قهوه‌ای تیره که به تجزیه میکروبی مقاوم است و از تغییر شکل بافت‌های اصلی درست شده و یا توسط میکروارگانیسم‌های خاک سنتز شده است. حدود ۹۰ درصد یا بیشتر از کل هوموس خاک از دو نوع پلی‌مر به نام‌های اسیدهای هیومیک (۵۰ تا ۸۰ درصد) و پلی ساکاریدها (۱۰ تا ۳۰ درصد) تشکیل شده است. اجزای هوموسی و غیر هوموسی ماده آلی خاک برای محیط خاک مهم هستند. مواد غیر هوموسی اثرهای کوتاه مدت از قبیل تامین منابع غذایی و انرژی برای موجودات زنده و تامین منابع حاصلخیزی طبیعی خاک را به عهده دارد، در حالیکه هوموس اثرهای دراز مدتی از قبیل تامین ساخت مطلوب خاک، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، تامپون pH و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک به جای می‌گذارد (مورتنسن و هیمز، ۱۹۶۴). هوموس بسیار کلوئیدی است و بیشتر بی‌شکل است تا متبلور. علاوه بر این، مساحت و ظرفیت جذب سطحی هوموس بزرگتر از کانی‌های سیلیکات دار ورقه‌ای است. گنجایش تبادلی هوموس تحول یافته از ۱۵۰ تا ۳۰۰ $Cmol^{+}/kg$ متغیر است و مساحت آن بین ۸۰۰ تا ۹۰۰m^2/g است. هوموس مقادیر زیادی آب جذب می‌کند. یک هوموس کاملاً سنتز شده خاک غیر آلی می‌تواند از اتمسفر اشباع حدود ۸۰ تا ۹۰٪ وزن خود آب جذب کند. به علت حضور گروه‌های فعال اسیدی ضعیف، هوموس همچنین قادر است که pH خاک را در محدوده تغییرات وسیع pH تامپونی کند (مورتلند و کمپر، ۱۹۶۵).

۲-۷-۲- اثر مواد آلی بر خصوصیات فیزیکی خاک

خاک به عنوان محیط رویش گیاه دارای خواص فیزیکی معینی می‌باشد که تاثیر اساسی بر دیگر خواص خاک از جمله حاصلخیزی دارد. ساختمان خاک مشخصه‌ای است که می‌تواند نماینده میزان

تخلخل و توزیع اندازه ذرات آن در خاک باشد. تخلخل خاک مهمترین مشخصه فیزیکی موثر برای رشد گیاه است. پارامترهایی نظیر توزیع اندازه خلل و فرج، شکل خلل و فرج و موقعیت نسبی آنها از مهمترین فاکتورهایی هستند که بیانگر ساختمان خاک می‌باشند و تغییر آنها بر اساس عوامل مختلف نظیر افزودن کمپوست، لجن فاضلاب، کودهای دامی و با قیمانده‌های گیاهی است که می‌توانند سبب تغییر مثبت ساختمان خاک شوند (گوئیسکوئینی و همکاران، ۱۹۹۵; تائو و همکاران، ۱۹۹۲). تجزیه مواد آلی علاوه براینکه موجب تغییرات مثبت ساختمان خاک می‌شود، سبب افزایش سرعت نفوذ آب و ظرفیت نگهداری آب به‌وسیله خاک نیز می‌شود (اپستین، ۱۹۷۵). تحقیقات نشان داده است که از بین کودهای آلی، کمپوست، کود حیوانی و کاه، کمپوست بهترین تاثیر را بر خصوصیات فیزیکی خاک داشته است (شاه منصوری، وپرورش، ۱۳۷۱).

سبک و متخلخل بودن مواد آلی باعث کاهش وزن مخصوص ظاهری و افزایش درصد اشباع خاک می‌گردد (تائو و همکاران، ۱۹۹۲). همچنین خواص شکل پذیری کم و چسبندگی زیاد هوموس از عوامل برجسته در ساختار خاک هستند. هوموس، درخاک‌های ریز بافت، سبب کاهش در خصوصیات نامطلوب ساختاری مربوط به رس زیاد با تامین امکان دانه‌ای شدن این ذرات خاک می‌شود. رنگ تیره خاک، یعنی سیاه یا قهوه‌ای از صفات طبیعی خاک‌های محتوی هوموس فراوان است (سسیل و تستر، ۱۹۹۰).

نلسون و کلادیوکو (۱۹۷۹) در تحقیقی گزارش کردند که بیشترین درصد افزایش نگهداری آب در ظرفیت مزرعه و پژمردگی دائم یک خاک با بافت درشت مربوط به تیمارهای با لجن زیاد می‌باشد. اما تحقیقات (بهره‌مند و همکاران، ۱۳۸۱) نشان داد که در طول فصل زراعی، هدایت الکتریکی عصاره اشباع و سرعت نفوذ نهایی خاک کاهش می‌یابد و حتی پایدار شدن خاکدانه‌ها هم این روند کاهشی را جبران نمی‌کند ولی در هر صورت میزان آن بالاتر از شاهد است. او اظهار داشت که در طول فصل زراعی جرم مخصوص ظاهری خاک افزایش می‌یابد. مجیدیان و همکارانش (۱۳۸۴) نشان دادند که کود دامی باعث افزایش درصد تخلخل خاک می‌شود. با افزایش میزان تخلخل، تهویه خاک بهبود یافته و

رشد گیاه بهتر می‌شود.

۲-۷-۳- اثرمواد آلی بر خصوصیات شیمیایی خاک

مواد آلی منبع مهمی از عناصر غذایی پر مصرف مانند S,N,P و نیز عناصر غذایی کم مصرف مانند Mo وB می‌باشد. مواد آلی حاوی مقدار زیادی کربن است که تامین کننده انرژی مورد نیاز ماکروفلور و میکروفلور خاک است. نسبت C/N خاکها حدود ۱۰:۱ تا ۱۲:۱ است. میزان کربن خاک $۳۰_{\times}۱۰^{۱۴}$ کیلوگرم بیش از مقداری است که در ذخایر قشر سطحی زمین نظیر CO_2 اتمسفری، توده زنده و آب شیرین یافت می‌شود (استیونسون، ۱۹۸۲). مواد آلی خاک دارای سطح ویژه زیادی (بالغ بر ۸۰۰ تا ۹۰۰ متر مربع بر کیلوگرم) بوده و ظرفیت تبادل کاتیونی آن از ۱۵۰ تا۳۰۰ سانتی مول بر کیلوگرم تغییر می‌کند. لذا، در حقیقت بخش اعظم CEC زیاد، جذب کننده مهم عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف مورد نیاز گیاه، کاتیون‌های فلزی سنگین و ترکیبات آلی نظیر علف کش‌ها می‌باشد (لیندزی، ۱۹۷۹). جذب و قابلیت استفاده عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، به ویژه عناصر غذایی کم مصرف مانند Cu و Mn و کارایی علف کش‌ها تا حد زیادی تحت تاثیر مواد آلی خاک است (گرینلند، ۱۹۷۱).

افزودن مواد آلی به خاک تغییراتی در خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک نظیر جرم مخصوص ظاهری، درصد اشباع، ظرفیت نگهداشت آب، ساختمان خاک، هدایت الکتریکی، pH، ظرفیت تبادل کاتیونی، قابلیت جذب عناصر، غلظت عناصر سنگین و جمعیت میکروارگانیسم‌ها می-گذارد (مورتنسن و هیمز، ۱۹۶۴). در تحقیقی نشان داده شد که کاربرد ورمی‌کمپوست (۷ تن در هکتار) سبب افزایش تعداد برگ، وزن خشک ساقه و ارتفاع گیاه ذرت در مقایسه با شاهد گردید که سبب آنرا افزایش ظرفیت نگهداری خاک دانستند (گوتریس و همکاران، ۲۰۰۸). در ورمی‌کمپوست آزاد سازی عناصر غذایی همزمانی بیشتری با نیاز گیاه دارد بنابراین ورمی‌کمپوست با تامین تدریجی و به -موقع عناصر غذایی باعث افزایش ارتفاع گیاه گشنیز شده است. تعادل عناصر غذایی که در کودهای آلی وجود دارد باعث تولید گیاهانی می‌شود که از سلامتی بیشتری برخوردارند و انرژی که باید برای مبارزه

با آفات و بیماری‌ها استفاده گردد، در گیاه ذخیره شده و از آن در جهت افزایش رشد و عملکرد گیاه استفاده می‌شود (فوکان، ۱۹۹۳).

۲-۷-۳-۱- هدایت الکتریکی (EC)

افزودن مواد آلی به خاک **EC** عصاره اشباع خاک را افزایش داده و مقدار این افزایش بستگی به نوع مواد آلی دارد به طوری‌که کود آلی مرغی بیشترین و مواد آلی حاصل از کاه و کلش کمترین افزایش را دارد (مورتنسن و هیمز، ۱۹۶۴). با افزودن گوگرد به خاک، واکنش خاک کاهش معنی داری نشان داد. بیشترین میزان کاهش واکنش خاک و افزایش شوری مربوط به سطح ۱۵ تن در هکتار گوگرد بود. گوگرد در خاک و در حضور باکتری‌های تیوباسیلوس به اسید سولفوریک تبدیل شده و موجبات کاهش واکنش خاک را فراهم می‌آورد. افزایش هدایت الکتریکی خاک با اکسیداسیون ترکیبات گوگرد مرتبط است. با انحلال کربنات‌های کلسیم و تولید گچ، میزان شوری خاک افزایش می‌یابد (اوبی و ابو، ۱۹۹۵).

۲-۷-۳-۲- واکنش خاک (pH)

ایران از جمله کشورهایی است که بیشتر قسمت‌های آن به علت داشتن آب وهوای خشک و نیمه خشک وعدم شستشوی کربنات‌ها دارای خاک‌های آهکی است و pH آن بالای ۸ می‌باشد بنابراین افزایش هر ماده‌ای که بتواند H^+ محلول خاک را بی‌افزاید، می‌تواند pH را کاهش دهد (دلوکا وهمکاران، ۱۹۸۹). با پوسیده شدن کود دامی به تدریج بر اثر فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک، مقدار زیادی اسیدهای آلی از جمله اسید هیومیک تولید شده، و این اسیدها به مرور بر اثر تداوم استفاده از این کود، موجب کاهش اسیدیته خاک می‌شود (خادمی و همکاران، ۱۳۸۰). این کاهش زمانی که گوگرد عنصری همراه مایه تلقیح تیوباسیلوس مصرف شود، می‌تواند قابل توجه بوده و حتی به اسیدی شدن خاک‌ها منجر شود، اما زمانی که pH از ۷ پایین‌تر برود به علت خاصیت تامپونی خاک به خاطر وجود کربنات کلسیم در اکثر خاک‌های ایران تفاوت معنی‌داری در سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای در خاک ایجاد نمی-

گردد. از طرفی مواد آلی قادرند با گرفتن یا رها کردن یون H^+ تغییرات زیاد pH خاک را تعدیل کنند در نتیجه آن را در حالت خنثی یا مناسب برای رشد یک محصول خاص نگه دارند (مجیدیان و همکارانش، ۱۳۸۴).

تجزیه مواد آلی در خاک، منجر به تولید اسیدهای ضعیفی مانند اسید کربونیک و اسیدهای آلی نظیر سیتریک، مالیک و پروپیونیک و غیره می‌شود. تاثیر عمده این اسیدها بالا بردن ظرفیت تامپونی خاک در محدوده تغییرات کم pH می‌باشد و در صورتی که نمک‌های قلیایی خاک زیاد نباشد در نتیجه آن، pH خاک تا حدودی کاهش می‌یابد (آیکن و همکاران، ۱۹۸۵).

۲-۷-۳-۳- ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC)

ظرفیت تبادل کاتیونی زیاد کلوئیدهای آلی از دیگر عوامل موثر در بهبود خصوصیات شیمیایی خاک می‌باشد (باروزینی و دلزان، ۱۹۹۲). برآورد به‌عمل آمده نشان می‌دهد که تا ۸۰ درصد CEC خاکها بخاطر وجود مواد آلی است (استیونسون، ۱۹۸۲). در بررسی‌های انجام شده روی ۶۰ خاک ایالت ویسکانسن در مقادیر pH بین ۲/۵ و ۸ نتیجه گرفتند با افزایش pH، CEC بخش رس در مقایسه با CEC بخش مواد آلی خاک، خیلی کمتر تغییر می‌کند (هلینگ و همکاران، ۱۹۶۴). بار منفی که روی کلوئیدهای هوموس موجود است، در اثر یونیزاسیون گروه‌های عامل فعال، شامل کربونیل، هیدروکسیل و آمین حاصل می‌گردد و این بارها باعث افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک می‌گردد (پیج، ۱۹۷۴).

کودهای دامی و آلی موجب بالا بردن ظرفیت تبادل کاتیونی می‌شوند این خاصیت هم از نظر تغذیه گیاه و هم از نظر جلوگیری از تلفات کود در نتیجه آبشویی، اهمیت فوق العاده ای دارد (زرین کفش، ۱۳۷۶). تشکیل کمپلکس بین یون‌های فلزی و مواد آلی خاک اهمیت فوق العاده‌ای در نگهداری و قابلیت تحرک آلاینده‌های فلزی خاک و آب دارد. واکنش بین مواد آلی محلول، مواد آلی معلق و مواد آلی ته‌نشین شده بایون‌های فلزی واکنش‌هایی هستند که در تشکیل کمپلکس‌ها نقش دارند (تورمن، ۱۹۸۵).

۲-۷-۳-۴-کربن آلی (OC)

تمامی مواد آلی به طور قطع شامل کربن هستند. در تحقیقی که توسط دانشمندان انجام شده کل مواد آلی خاک‌های جهان حدود سه برابر کل گیاهان روییدنی (Vegetable) جهان دارای کربن هستند بنا براین تصور می‌شود مواد آلی خاک یک نقش اصلی در تعادل کربن جهانی و گرم کردن زمین در نتیجه اثر گلخانه‌ای داشته باشند (بوفل و استام، ۱۹۹۴). مقدار کربن موجود در مواد آلی حدود ۵۹ درصد میزان مواد آلی است یعنی ۱/۷ کیلوگرم مواد آلی ۱ کیلوگرم کربن تولید می‌کند، بنابراین با افزایش مواد آلی میزان کربن آلی افزایش خواهد یافت (بائوچامپ، ۱۹۸۷). در یک آزمایش دو ساله نشان داده شده است که در سال اول میزان کربن آلی ۰/۸۶ بوده، ولی در سال دوم با افزایش میزان کود دامی، کربن آلی نیز افزایش یافت (مجیدیان و همکارانش، ۱۳۸۴).

۲-۷-۴- نقش کود های بیولوژیک در تغذیه گیاه

مصرف کودهای بیولوژیک قدمت بسیار طولانی دارد. تولید کنندگان محصولات برای تقویت زمین‌های کشاورزی، گیاهانی از خانواده لگومینوز را کشت می‌کردند و معتقد بودند که با کشت آن حاصلخیزی خاک افزایش پیدا می‌کند. در نوشته‌های تاریخی کاشت گیاه شبدر، باقلا مصری و . . . برای تقویت خاک‌ها گزارش شده است. کودهای بیولوژیک، مواد نگه دارنده‌ی میکرو ارگانیزم‌های مفید خاک می‌باشند که به طور متراکم و با تعداد بسیار زیاد در یک محیط کشت تولید شده اند. معمولا به صورت بسته بندی قابل مصرف در کشاورزی‌اند. هدف از مصرف کودهای بیولوژیک، تقویت حاصلخیزی خاک و تامین نیازهای غذایی گیاه است، گرچه ممکن است اثرات مفید دیگری داشته باشند. نخستین کود بیولوژیک در اواخر قرن نوزدهم مورد استفاده قرار گرفت و از آن تاریخ به بعد سایر کودهای بیولوژیک ساخته شدند. ارگانیزم‌هایی که در تولید کودهای بیولوژیک مورد استفاده قرار می‌گیرند، عمدتا از خاک جداسازی می‌شوند. در شرایط آزمایشگاه در محیط‌های کشت مخصوص تکثیر و پرورش پیدا می‌کنند و بعد به صورت پودر بسته بندی شده و آماده‌ی مصرف می‌شوند (ستار، ۱۹۸۵).

۲-۷-۵- انواع کود های بیولوژیک

مهم‌ترین کودهای بیولوژیک عبارتند از:

۱) تثبیت کننده‌های ازت هوا.

۲) قارچ‌های میـکوریـزی، که با ریشه بعضی از گیاهان ایجاد همزیستی کرده و اثرات مفیدی ایجاد می‌کند.

۳) میکروارگانیزم‌های حل کننده فسفات، که فسفات نا محلول خاک را به فسفر محلول و قابل جذب گیاه تبدیل می‌کنند.

۴) اکسید کننده گوگرد (تیوباسیلوس)، کودی که دارای باکتری تیوباسیلوس بوده و باعث اکسایش بیولوژیکی گوگرد می‌شود.

۵) کرم‌های خاکی، که در تولید هوموس مورد استفاده قرار می‌گیرند و نوعی کود کمپوست به نام ورمی کمپوست (Vermicompost) تولید می‌کنند (ستار، ۱۹۸۵).

۲-۷-۶- مهمترین ویژگی‌های کمپوست کرمی در مقایسه با کمپوست معمولی و سایر مواد کودی

۱ - کمپوست کرمی در اصلاح ساختار فیزیکی خاک، نقش به سزایی دارد و موجب سبک شدن آن می‌شود. همچنین ضریب حفظ رطوبت را در خاک افزایش می‌دهد و آب به مقدار بیشتری در بافت خاک نگهداری می‌شود. در این حالت، کمپوست کرمی موجب رها شدن تدریجی آب از خاک شده است و از تبخیر سطحی و یا نفوذ سریع آب به داخل عمق خاک (عمق دور از دسترس گیاه) جلوگیری می‌کند.

۲ - کمپوست کرمی به حل شدن مواد مغذی خاک کمک می‌کند.

۳ - کمپوست کرمی در ایجاد تعادل، نسبت مواد معدنی به مواد مغذی در خاک نقش مهمی دارد و داشتن ترکیباتی چون نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و ... یک کود بسیار غنی به شمار می‌رود.

۴ - در ترکیب شیمیایی کمپوست کرمی مقدار قابل توجهی چربی یافت می‌شود که آن را تبدیل به

یک کود کامل می‌کند، به همین دلیل در غنی سازی گیاه از نظر مواد غذایی و همچنین احتیاجات متابولیکی آن، بسیار موثر است. به طور معمول، این مواد در سایر کودهای استاندارد تجاری یافت نمی-شوند.

۵ - بر اساس بررسی های دانشمندان ژاپنی که در سال ۱۹۷۸ منتشر شده است، زمانی که کمپوست کرمی با سایر کودها مخلوط شده و در زمین به‌کار رود، حلالیت مواد مغذی کود به تاخیر می‌افتد و مدت زمان پایداری آن افزایش می‌یابد. در این حالت، کمپوست کرمی با رها کردن تدریجی مواد مغذی خود در خاک در تداوم طولانی مدت فعالیت کود، سهم به سزایی دارد. همین ویژگی موجب می‌شود که در طول دوران کاشت و داشت گیاه، هیچ گونه نیازی به افزودن مجدد کمپوست کرمی به خاک نبوده و در این دوره فقط یک بار استفاده از کود در زمین کافی خواهد بود. اگر کمپوست کرمی با کودهای دیگر مخلوط شود، خواص فیزیکی و شیمیایی خاک هم‌زمان با هم بهبود می‌یابد، بنابراین این ترکیب در تشدید اثرهای مطلوب و عملکرد کود تاثیر می‌گذارد.

۶- کمپوست کرمی یک کود صد درصد آلی است که به صورت مستقیم جذب ریشه گیاهان می‌شود. این نوع کمپوست، غنی‌ترین محیط برای حیات موجودات ذره بینی خاک بوده، ولی با وجود این، بدون بو و عاری از آلودگی است.

۷- ارزشمندترین ویژگی کمپوست کرمی در عملکرد آنزیم‌ها، میکروارگانیزم‌ها و هورمون‌های مختلف موجود در آن است. کمپوست کرمی دارای آنزیم‌هایی نظیر پروتئاز، آمیلاز، لیپاز، سلولاز و کیتیناز است که در تجزیه مواد آلی خاک و در نتیجه در دسترس قرار دادن مواد مغذی مورد نیاز گیاهان نقش موثری دارد. ویژگی یاد شده موجب می‌شود تا کمپوست کرمی به عنوان بهترین و اساسی‌ترین کود برای احیای زمین‌های بایر غیر قابل کشت به شمار رود.

۸- کمپوست کرمی محصولی با ارزش برای کشت انواع محصولات به شمار می‌آید و در درجه اول برای پرورش گل و گیاهان زینتی و در کشتزارها برای اصلاح نژادگیاهان مورد توجه قرار گرفته است. از آنجا که نقش اساسی این نوع کمپوست تحریک و تسریع رشد گیاهان بوده، بهترین تاثیر آن در رنگ

آمیزی گل و بزرگ تر کردن آن است.

۹- به نظر می‌رسد که کمپوست کرمی در تغلیظ عطر و اسانس گیاهان و گل‌های معطر تاثیر داشته است.

۱۰- سایر موارد استفاده از این محصول شامل کاربرد آن در کرت‌های بزرگ پرورش گل، کشتزارهای انگور، محصولات و میوه‌های نوبر و زودرس، بیشه زاران و جنگل‌های طبیعی و مصنوعی (تولید چوب)، باغ های گردو مرکبات و زیتون است.

۱۱- کمپوست کرمی، سرشار از عناصر پر مصرف و کم مصرف و به شکل قابل استفاده برای گیاه است. بر اساس گزارش‌های موجود، کرم‌های خاکی از نظر عوامل شیمیایی دارای مقادیر زیادی مواد آلی و عناصر قلیایی قابل تبادل، شامل سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، فسفر و منگنز قابل استفاده برای گیاه نسبت به خاک اطراف است.

۱۲- مواد تحریک کننده رشد گیاه نظیر اکسین و سیتوکسین در کمپوست کرمی وجود دارد.

۱۳-کمپوست کرمی مقدار محسوسی آهن و مس در ترکیبات خود به اشکال شیمیایی و هندسی معین دارد که در اسید هیومیک و منابع دیگر به خاک، همانند آنها یافت می‌شود.

۱۴- اسیدهای هیومیک و برخی از فلزات سنگین در کمپوست کرمی وجود دارد. در طیف سنجی با امواج ماورای بنفش و تجزیه شیمیایی توده به وسیله حرارت، مشخص شده است که اسیدهای هیومیک کمپوست کرمی شبیه به نوعی لیگنین گیاهی هستند.

۱۵-کمپوست کرمی اثر محرکی بر روی حداکثر رشد گلیسین (سویا) با افزایش در طول ریشه، تعداد ریشه های افقی، جوانه زدن طولی و طول قسمت میان دو گره نشای آن و سایر گیاهان دارد.

۱۶- فلزات، در مدفوع کرم‌ها (کمپوست کرمی) همراه با افزایش تدریجی آنها (البته به استثنای کروم و زیر کونیوم) ظاهر می‌شوند. افزودن ذغال سنگ نارس و ماسه به کمپوست کرمی موجب کاهش غلظت ۷ تا ۹۴ درصد می‌شود.

۱۷- کرم‌های خاکی با تولید کمپوست کرمی سبب کاهش نسبت C/N به ۲۰ یا کمتر می‌شوند.

۱۸- استفاده از فرایند کمپوست کرمی افزون بر تثبیت مواد زائد جامد، فضولات حیوانی و لجن فاضلاب، نتایج مفید دیگری نظیر جداسازی مواد زاید غیرآلی، نداشتن شیرابه، نداشتن بوی زباله و کاهش حجم آن تا ۸۰ درصد را نیز به دنبال دارد.

۱۹- هنگامی که مدفوع کرم‌های خاکی با خاک بدون کرم مقایسه شود. نتایج جالب توجه زیر به دست می آید:

۱۹-۱-فسفر قابل دسترس مدفوع کرم خاکی هفت برابر بیشتر است.

۱۹-۲- نیتروژن قابل دسترس مدفوع کرم خاکی شش برابر بیشتر است.

۱۹-۳- منیزیم قابل دسترس مدفوع کرم خاکی سه برابر بیشتر است.

۱۹-۴- کربن قابل دسترس مدفوع کرم خاکی دو برابر بیشتر است.

۱۹-۵- کلسیم قابل دسترس مدفوع کرم خاکی ۱/۵ برابر بیشتر است (روشنی و عبدلی، ۱۳۸۶).

۲-۸- جمع بندی از مباحث فوق

به نظر می‌رسد با توجه به نتایج آزمایش‌ها، با در نظر گرفتن خصوصیات خاک (آهکی بودن) و نوع محصول، مصرف گوگرد در خاک‌های آهکی همراه با مایه تلقیح تیوباسیلوس در حضور مواد آلی اثرات مثبتی داشته و قابل توصیه می‌باشد. مشکل عمده که بعد از مصرف گوگرد کشاورزی در خاک‌های زراعی مطرح خواهد بود اکسیداسیون آن (سولفات) می‌باشد. که این امر با کمک باکتری‌های تیوباسیلوس که در شرایط هوازی در خاک زندگی می‌کنند امکان پذیر است. منتها متاسفانه با عنایت به کاهش شدید درصد مواد آلی در خاک‌های زراعی ایران، تعداد این باکتری‌ها کاهش یافته است. چرا که این باکتری در شرایط مطلوب مخصوصاً مواد آلی زیاد و رطوبت مناسب قادر به رشد و تکثیر می‌باشد. ترابی (۱۳۶۳) در گزارشی تحت عنوان « مصرف گوگرد و ترکیبات آن در اصلاح خاک » بیان می‌دارد که در یک آزمایش گلدانی با خاک لومی، گوگرد تلقیح و پس از ۱۵ روز سولفات خاک اضافه شد و بیشترین افزایش در تیماری بود که بدان ۶۰۰ کیلوگرم گوگرد داده شده بود. در اثر این اکسیداسیون،

pHخاک پس از یک ماه ۰/۲۵ کاهش یافت. علاوه بر این در اثر اضافه کردن اسید سولفوریک و یا گچ و زیر خاک کردن آنها با شخم، فسفر قابل استفاده در عمق خاک که برای رشد ریشه درختان میوه به خصوص پسته موثر بود، افزایش داشته است. تبدیل گوگرد به سولفات در مخلوط با کود حیوانی و رطوبت مناسب تشدید شده بود یعنی با افزایش مواد آلی خاک در جوار رطوبت مطلوب، جمعیت و فعالیت باکتری‌های تیوباسیلوس افزایش یافته بود. در مقابل اگر ۱۰ تن در هکتار هم گوگرد به خاک اضافه شود ولی رطوبت کافی در خاک وجود نداشته باشد (حتی همراه با کود حیوانی) گوگرد به صورت ذرات ریز زرد رنگ در سطح و یا در عمق خاک حتی پس از هفت ماه بدون تغییر باقی خواهد ماند. چرا که در مناطق گرم کشور و در رطوبت کم خاک باکتری‌ها قادر به فعالیت نخواهند بود.

به دلیل افت شدید مواد آلی در خاک‌های زراعی کشور و باغ‌ها، تولید گوگرد به صورت نیمه صنعتی و صنعتی در کشور توصیه می‌شود. چند سالی است موسسه تحقیقات خاک و آب با تاسیس بخش تحقیقات بیولوژی خاک و افتتاح آزمایشگاه میکروبیولوژی امید دارد با عملی شدن این پروژه مهم و حیاتی قدم‌های مثبتی در افزایش عملکرد برداشته شود، ولی تا عملی شدن این پروژه لازم است با افزایش درصد مواد آلی و تامین رطوبت مناسب، جمعیت باکتری‌های تیوباسیلوس در خاک‌های زراعی و باغ‌ها افزایش داده شود و با تداوم مصرف گوگرد کشاورزی که امید است در آینده نزدیکی به بازار عرضه شود، نسبت به اصلاح خاکهای آهکی کشور، بهبود کیفی آب آبیاری در مناطق شور و قلیا، رفع کمبود گوگرد مورد نیاز گیاهان زراعی که نهایتاً به افزایش عملکرد منجر خواهد شد اقدام نمود. چرا که با مصرف گوگرد علاوه بر تامین گوگرد مورد نیاز گیاهان که تقریبا برابر فسفر می‌باشد، اصلاح **pH** خاکهای آهکی خاک‌های شور و قلیا، افزایش حلالیت عناصر غذایی مخصوصاً فسفر، آهن، منگنز و روی از خروج ارز از کشور به خاطر خرید کودهای گران قیمت محتوی عناصر غذایی کم مصرف نظیر سکوسترین **Fe-EDDHA** و سولفات روی و غیره جلوگیری به عمل خواهد آمد (ملکوتی، ۱۳۷۵).

۲-۹- نیتروژن

۲-۹-۱- نقش نیتروژن در گیاه

نیتروژن نخستین عنصر غذایی است که کمبود آن درخاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک مطرح می‌باشد (ملکوتی، ۱۳۸۴). فقدان نیتروژن غالباً رشد گیاه را در طبیعت و در کشاورزی محدود می‌سازد (مجنون حسینی، ۱۳۸۷). منبع اصلی نیتروژنی که به وسیله گیاهان استفاده می‌شود گاز N_2 است که ۷۸ درصد هوا را تشکیل می‌دهد (ملکوتی، ۱۳۸۴). این منبع عظیم نیتروژن تقریباً در دسترس تمامی موجودات زنده وجود دارد، ولی این منبع فقط برای تعداد محدودی از پروکاریوت‌ها که از آنها تحت عنوان دیازوتروف‌ها یاد می‌شود قابل استفاده است (استاسی و همکاران، ۱۹۹۲). نیتروژن برای تمامی فرایندهای حیاتی گیاه ضروری است. فراهمی نیتروژن برای گیاه، تعیین کننده رشد، شادابی، رنگ و عملکرد آن است (جامی الاحمدی و همکاران، ۱۳۸۵).

۲-۹-۲- کودهای شیمیایی نیتروژنه

عناصر غذایی موجود در این نوع از کودها معمولا در شکل‌های بسیار قابل جذب هستند، هر چند که نیتروژن کودی، حتی تحت شرایط مطلوب هرگز به طور کامل به وسیله گیاه جذب نمی‌شود. گیاه تنها بخشی از نیتروژن را جذب می‌کند، در حالی که بخشی از آن به صورت نیتروژن آلی در بقایای گیاهی، میکروب‌ها و غیره در خاک‌ها رها شده و مقداری نیز از طریق تبخیر، آبشویی و دنیتریفیکاسیون از دسترس خارج می‌شود (جامی الاحمدی و همکاران، ۱۳۸۵).

۲-۹-۳- تأثیر کود نیتروژن بر رشد بقولات

دسترسی بیشتر به نیتروژن، قابلیت جذب، تجمع ماده خشک و انتقال مواد غذایی را در مراحل اولیه رشد به نحو چشمگیری افزایش می‌دهد که به نوبه خود صفات عملکرد را بهبود می‌دهد (کومار و همکاران، ۲۰۰۲؛ شارما و همکاران، ۲۰۰۳). کودهای نیتروژن، مقدار واردات نیتروژن از قسمت‌های رویشی به دانه را در مقایسه با کربوهیدرات‌ها افزایش داده و موجب افزایش غلظت نیتروژن دانه و درصد پروتئین آن می‌گردند (کیم و پالسن، ۱۹۸۶). اما در مقادیر زیاد کود نیتروژن، بخش قابل توجهی از کل

محتوی نیتروژن به جای اسیدهای آمینه یا پروتئین‌ها به صورت یون‌های نیترات خواهد بود (امام و نیک نژاد، ۱۳۷۲). رشد رویشی بهتر، توسعه کانوپی و در نتیجه استفاده مناسب‌تر از تشعشع خورشیدی در فتوسنتز متأثر از نیتروژن قابل جذب است (مارشنر، ۱۹۹۵).

نتایج پژوهش‌های گراهام و رانالی(۱۹۹۷) نشان داد دسترسی میزان نیتروژن برای گیاه و اثر مثبت آن بر طول پر شدن دانه از طریق افزایش دوام شاخص سطح برگ و تخصیص بیشتر مواد سبب افزایش تعداد دانه در شرایط آزمایش شد. همچنین تحقیقات محققین نشان داد که تولید ماده خشک اندام هوایی در سویا در مرحله گلدهی و در مرحله رسیدن تحت تاثیر کاربردهای کودهای شیمیایی بوده است (یو و همکاران، ۲۰۰۲).

شواهد زیادی وجود دارد که لوبیا برای شروع و قبل از آغاز فعالیت باکتری ریشه به مقداری کود نیتروژنه به عنوان شروع کننده نیاز دارد. از طرفی کاربرد نیتروژن به صورت کود به مقدار کم باعث افزایش کل نیتروژن در گیاه یا در واحد سطح می‌شود. ولی کاربرد زیاد نیتروژن به صورت کود اثرات مهار کنندگی بر روی فعالیت آنزیم تثبیت کننده نیتروژن دارد. مصرف غلظت‌های کم نیتروژن، از طریق تحریک تشکیل گره، تحریک فعالیت نیتروژناز و افزایش رشد گیاه می‌تواند اثر تشدید کنندگی بر تثبیت نیتروژن داشته باشد (لیند و انسون، ۱۹۹۰). اما افزودن مقدار زیاد نیتروژن باعث کاهش نفوذ باکتری به تارهای کشنده ریشه، کاهش تعداد و توده گره و کاهش فعالیت تثبیت نیتروژن ریشه‌های گره‌دار و مقدار کل نیتروژن تثبیت شده در بقولات می‌گردد (اگلیشام و همکاران، ۱۹۸۳).

کودهای شیمیایی و آلی لازم و ملزوم یکدیگر بوده، نیاز به هر دو برای ایجاد شرایط مناسب جهت رشد گیاهان است. عوارض نامطلوب مصرف دراز مدت و بی رویه کودهای شیمیایی ثابت شده است. یکی از مهمترین آنها کاهش باروری خاک بدنبال از بین رفتن هوموس خاک می‌باشد. بنابراین افزایش مواد آلی نه تنها تامین مواد غذایی مورد نیاز گیاهان و بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک را بدنبال دارد بلکه یک سازش پذیری مطلوب بین ماده آلی و شیمیایی وجود داشته و کاستی‌های یکدیگر را رفع می‌کنند (ملکوتی، ۱۳۷۵). ازت در خاک به هر دو صورت آلی و معدنی وجود دارد. مقدار این عنصر پس

از هر کشت و کار کاهش می‌یابد. کاهش ازت خاک در نتیجه کشت و کار فقط به علت کم شدن بقایای گیاهی برای تبدیل به هوموس نمی‌باشد. زیاد شدن تهویه خاک در اثر شخم و بنابراین افزایش فعالیت موجودات ذره بینی خاک، می‌تواند عامل دیگری باشد. ازت از راه‌های مختلف در دسترس گیاهان قرار می‌گیرد. اصلی ترین راه ورود ازت به خاک به وسیله مواد آلی است که به طور طبیعی و یا در نتیجه عمل انسان به خاک داده می‌شود (سالار دینی، ۱۳۷۱). هم‌چنین اضافه کردن مواد آلی به خاک ممکن است موجب کاهش محصول شود که یکی از دلایل آن محبوس شدن نیتروژن می باشد (بیکسبی و بیتون،۱۹۷۰). بنابراین در هنگام استفاده از پسماندهای آلی برای جلوگیری از کمبود نیتروژن باید از کودهای شیمیایی نیتروژن دار استفاده کرد (گوانگ، ۱۹۹۵).

۲-۱۰- فسفر

فسفر بعد از ازت مهمترین عنصر غذایی مورد نیاز گیاه است و مقدار آن در خاک‌های مختلف، تفاوت زیادی دارد. فسفر به دو فرم آلی و معدنی در خاک وجود دارد که نسبت آن در خاک‌های مختلف متفاوت می‌باشد خاک‌هایی که دارای مواد آلی بیشتر هستند، مقدار فسفر آلی آنها نیز بیشتر است به طوری که مقدار فسفر آلی بر حسب درصد فسفر کل خاک ممکن است ۲ تا ۹۸ درصد باشد (سالار دینی، ۱۳۷۱و سالار دینی، ع ا ، (مترجم)، ۱۳۷۲). فسفر، مسئول انتقال انرژی و فرایندهای متابولیسمی از سلول بافت‌های گیاهی بوده و در تولید اسیدهای نوکلئیک و آنزیم‌ها نقش حیاتی دارد (سالار دینی، ۱۳۷۱؛ واندر زاگ، ۱۹۸۱).

محققین گزارش کردند اسید تولید شده از مواد آلی، فسفر قابل دسترس گیاهان را افزایش می-دهد و به طور غیر مستقیم از رسوب فسفات به صورت فسفات آهن و آلومینیم در pH های کمی اسیدی و فسفات کلسیم در pH های قلیایی که به شکل غیر قابل جذب برای گیاه هستند، جلوگیری می‌کند (لارسون و همکاران، ۱۹۹۵). تعدادی از مطالعات نشان می‌دهد که هوموس و اسید هیومیک تولید شده از تجزیه مواد آلی به چند طریق موجب افزایش حلالیت فسفر و سهولت در جذب گیاهان

می‌شوند:

- تشکیل کمپلکس‌های فسفو هیومیک

- هوموس به صورت پوششی بر روی ذرات هیدروکسید آهن و آلومینیم قرار می‌گیرد که بدین ترتیب ظرفیت تثبیت فسفر این ترکیبات کاهش می‌یابد (سالار دینی، ۱۳۷۱; ملکوتی و همکاران، ۱۳۷۰).

- محققین دیگر اظهار داشتند که افزایش ماده آلی به خاک ممکن است توانایی خاک را در جذب فسفر کاهش دهد، زیرا اسیدهای آلی به وسیله تبادل لیگاندی جذب سطوح می‌شوند و برای محل های جذب با فسفر رقابت می‌کنند (ناقراجا و همکاران، ۱۹۷۰).

- مصرف مواد آلی همراه با خاک فسفات موجب می‌شود بعضی از قارچها و باکتری‌های هتروتروف، از مواد آلی به عنوان منبع کربن استفاده کرده و اسیدهای آلی تولید کنند. اسیدهای آلی با پروتونه کردن و کلاته کردن باعث انحلال خاک فسفات و افزایش قابلیت جذب فسفر موجود در آن می‌شوند. قدرت اسید، میزان کلسیم محلول، نوع و موقعیت لیگاندهای کلات کننده از عواملی هستند که بر میزان فسفر آزاد شده موثر واقع می‌شوند (ساگو و همکاران، ۱۹۹۸) .

مقدار کل فسفر در ریزوسفر ممکن است بالا باشد ولی غالبا به شکل‌های غیر قابل استفاده توسط گیاهان است. علت کم بودن قابلیت دسترسی گیاهان به فسفر خاک این است که بیش از ۸۰ درصد آن به‌وسیله فرآیندهایی مانند برون جذبی، رسوب یا تبدیل به شکل‌های آلی، به‌صورت غیر متحرک و غیر قابل استفاده برای گیاهان در می‌آیند (ابو زید و همکاران، ۱۹۹۷).

بسیاری از محققین گزارش کرده‌اند مصرف گوگرد و تولید اسید سولفوریک در نتیجه اکسایش آن باعث کاهش pH خاک و افزایش دسترسی فسفر شده و باکتری تیوباسیلوس باعث تسریع این فرآیند می‌شود. در آزمایشی تاثیر مصرف گوگرد و باکتری‌های تیوباسیلوس را بر افزایش قابلیت جذب فسفر بررسی و نشان داده شد که عملکرد ذرت در تیمار تلقیح باکتری‌های تیوباسیلوس و مصرف گوگرد، اختلاف معنی‌داری با تیمار سوپرفسفات تریپل نداشت (سدلوکا و همکاران، ۱۹۸۹). در یک بررسی مشخص شد که میزان اکسیداسیون گوگرد در خاک‌های تلقیح شده با باکتری‌های تیوباسیلوس حدود

یازده برابر بیشتر از خاک‌های تلقیح نشده است (بشارتی کلایه، ۱۳۷۹). مهمترین باکتری‌های حل کننده فسفات از جنس سودوموناس و باسیلوس و از قارچ‌ها، جنس‌های آسپرژیلوس و پنی‌سیلیوم می باشند. این میکروارگانیسم‌ها با اکسیداسیون ناقص قندها و مواد پلی ساکاریدی که توسط ریشه گیاه ترشح می‌شوند، اسیدهای آلی مانند اسید گلوکونیک، اسید اگزالیک و اسید سیتریک تولید می‌نمایند (هان و همکاران، ۲۰۰۶).

خاوازی و همکاران (۱۳۸۲) به منظور بررسی اثر بخشی خاک فسفات به همراه گوگرد و مایه تلقیح باکتری‌های تیوباسیلوس تیواکسیدانس بر عملکرد کمی و کیفی سویا و اثرات باقی مانده آن بر گیاه ذرت، در ایستگاه تحقیقات خاک و آب کرج، تحقیقی انجام دادند و ابراز داشتند که یکی از روش-های مصرف مستقیم خاک فسفات، استفاده از مواد اسیدزا است. در بین مواد اسیدزا کاربرد گوگرد به همراه باکتری‌های تیوباسیلوس، یکی از روش‌های کاهش موضعی pH خاک می‌باشد. اسید سولفوریک که از اکسیداسیون گوگرد توسط باکتری‌های اکسید کننده تولید می‌شود، با خاک فسفات واکنش داده و تولید مواد محلول تری مانند دی و مونو کلسیم فسفات می‌کند.

۲-۱۱- پتاسیم

پتاسیم یکی از عناصر اصلی مورد نیاز گیاهان می‌باشد که نقش‌های بسیار مهمی در فتوسنتز، تقسیم سلولی و رشد، ساختن پروتئین‌ها، کمیت و کیفیت محصولات ودر اقتصاد آب برای گیاه دارد. این عنصر که برای فعالیت بیش از ۶۰ نوع آنزیم ضروری شناخته شده، در متابولیسنم نیتروژن، کربوهیدرات‌ها، ساخت پروتئین، نشاسته ، چربی و همچنین انتقال مواد غذایی گیاهان نقش بسیار مهمی ایفا می‌کند (سابر و زاناتی، ۱۹۸۱).

پتاسیم به طور متوسط ۲/۸۵ درصد از لیتوسفر و ۱/۲ درصد از خاک را تشکیل می‌دهد. پتاسیم در خاک به چهار صورت محلول، تبادلی، تثبیت شده و ساختمانی وجود دارد. پتاس تثبیت شده حدود ۱ تا ۱۰ درصد و پتاس تبادلی حدود ۱ تا ۲ درصد از پتاس کل را به خود اختصاص می‌دهند. بخش محلول نیز حدود ۱ تا ۲ درصد از پتاس تبادلی را به خود اختصاص می‌دهد (مارتین و اسپارک، ۱۹۸۵).

از میان شکل‌های مختلف پتاسیم، شکل محلول و تبادلی آن قابل استفاده گیاه هستند و بقیه شکل‌ها غیر قابل استفاده می‌باشند، لذا به منظور تامین پتاسم مورد نیاز گیاه، این عنصر بایستی به طریقی از شکل‌های تثبیت شده و معدنی به شکل‌های تبادلی و محلول تبدیل شود (هابای و همکاران، ۱۹۹۰).

۲-۱۲- نتایج به‌دست آمده از مطالعات سایر محققان

در خاک‌های آهکی و قلیایی به علت pH بالا و غلظت زیاد یون کلسیم، برخی از عناصر غذایی از جمله فسفر، آهن و روی که قابلیت جذب آن‌ها وابسته به pH می‌باشد، تثبیت شده و از دسترس گیاهان خارج می‌شوند. کاهش pH خاک (حتی به طور موضعی) یکی از روش‌های آهکی و قلیایی محسوب می‌شوند. گوگرد متداول‌ترین و مقرون به صرفه‌ترین ماده اسیدزا می‌باشد (تیسدال و همکاران،۱۹۹۳). که هر مول آن پس از اکسید شدن در خاک دو مول یون هیدروژن (H_+) تولید کرده و با کاهش pH منجر به انحلال عناصر غذایی در محیط اطراف ریشه‌ها می‌گردد (بشارتی کلایه، ۱۳۷۷).

بشارتی کلایه (۱۳۷۷) در یک بررسی گلخانه‌ای در خاک آهکی روی ذرت دریافت که، مصرف نیم درصد(وزنی) گوگرد عنصری در مقایسه با شاهد، pH را ۱/۳ واحد کاهش داد. مقدار فسفر قابل جذب خاک در اثر کاهش pH از ۴/۹۹ به ۱۲/۸۷ و آهن قابل جذب نیز از ۲/۷۰به ۳/۸۲ میلی‌گرم در کیلوگرم افزایش یافتند. در این بررسی در دو تیمار شاهد و نیم درصد گوگرد، وزن خشک بخش هوایی ذرت به ترتیب ۱۰/۸۹ و۱۷/۹۵ گرم در گلدان، فسفر جذب شده توسط گیاه ۱۰/۶۴ و ۳۱/۲۵ و آهن جذب شده ۰/۴ و ۶۲/ میلی گرم در گلدان بودند.

سچر و لانگ (۱۹۹۴) در یک مطالعه گلدانی اثر مقادیر مختلف گوگرد بر عملکرد اندام هوایی، کل نیتروژن جذب شده و مقدار احیای استیلن در لگوم‌هایی از قبیل ماش، شبدر، نخود و یونجه مثبت ارزیابی نمودند. امانی و همکارانش(۱۳۸۶) نتیجه گرفتند که اثر گوگرد بر عملکرد و وزن خشک دانه در دو رقم سحر و ویلیامز سویا معنی دار بود. کاپلان و آرمان (۱۹۹۸) در آزمایش گلخانه ای و مزرعه‌ای در خاک‌های آهکی پی بردند که مصرف گوگرد، عملکرد محصول و نیز مقدار آهن، روی، منگنز و فسفر

جذب شده توسط سورگوم را افزایش داده است.

بشارتی و صالح راستین (۱۳۷۹) در یک آزمایش گلخانه‌ای تاثیر مصرف گوگرد و مایه تلقیح تیوباسیلوس بر مقدار آهن و روی جذب شده توسط ذرت را مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که مصرف گوگرد همراه با تلقیح تیوباسیلوس مقدار فسفر جذب شده را توسط گیاه افزایش داده ولی مقدار روی جذب شده در مقایسه با شاهد کاهش یافته است که این امر به دلیل وجود اثرات آنتاگونیستی بین روی و فسفر می‌باشد.

بر اساس نتایج حاصل از تحقیق امانی و رئیسی (۱۳۸۶) افزودن گوگرد، منجر به کاهش pH خاک و افزایش EC خاک می شود. سطوح مختلف گوگرد بر غلظت عناصر غذایی فسفر و پتاسیم اختلاف معنی دار ولی بر غلظت روی تاثیر غیر معنی داری داشت. نتایج نشان داد که همراه با افزایش سطوح گوگرد و کاهش pH، فسفر و پتاسیم نیز در گیاه سویا افزایش یافته و این افزایش در سطح ۱۵ تن در هکتار به بالاترین میزان خود رسیده است.

فلاحتگر و همکارانش (۱۳۹۰) در بررسی تاثیر مقادیر مختلف گوگرد و مایه تلقیح باکتری‌های تیوباسیلوس بر عملکرد ماده خشک، میزان کلروفیل و جذب آهن و روی بخش هوایی در دو رقم سویا نتیجه گرفتند که افزایش سطوح گوگرد و تلقیح تیوباسیلوس باعث کاهش pH خاک شد. دوبی و بیلر (۱۹۹۵) در آزمایش مزرعه ای در خاکی با pH برابر ۷/۵ در هندوستان اثر مقادیر ۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد بر تثبیت نیتروژن سویا، وزن خشک گیاه و تعداد غده در مراحل مختلف رشد گیاه را مثبت ارزیابی نمودند.

کاچاو و همکاران (۱۹۹۷) در یک آزمایش مزرعه‌ای اثر منابع و سطوح مختلف گوگرد را بر روی گره زایی، عملکرد و جذب مواد غذایی توسط لوبیا بررسی و مشاهده کردند، مصرف ۴۰ کیلوگرم گوگرد تعداد گره‌ها را به طور معنی داری افزایش می‌دهد. همچنین جذب ازت، فسفر و گوگرد، با افزایش مقدار گوگرد افزایش یافت.

امانی و همکاران (۱۳۸۶) در آزمایش گلخانه‌ای ارزیابی اثرات گوگرد بر غلظت نیتروژن و جذب آن از

منابع مختلف توسط سویا به روش رقت ایزوتوپی، بررسی و مشاهده کردند که با افزایش سطح گوگرد و مساعد شدن شرایط خاک، مقدار نیتروژن در کل گیاه افزایش یافته اما این افزایش برای رقم سحر تا سطح ۵ تن گوگرد در هکتار و برای رقم ویلیامز تا سطح ۱۰ تن گوگرد در هکتار ادامه داشت. به عقیده بیسواس و همکاران (۱۹۹۵) مصرف ۱۰۰کیلوگرم گوگرد در هکتار سبب افزایش درصد روغن دانه کلزا می‌شود.

در یک بررسی مقادیر ۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار به خاک مزرعه اضافه و سورگوم، سویا و ذرت کشت شدند. مصرف گوگرد در مقایسه با شاهد، وزن خشک بخش هوایی هر سه گیاه و هم چنین مقدار آهن و روی جذب شده توسط آن‌ها را به طور معنی‌داری افزایش داد و یک روش ارزان برای رفع کلروز، افزایش جذب عناصر و عملکرد گیاه در خاک‌های آهکی معرفی گردید (کلباسی و همکاران، ۱۹۸۸).

باکتری تیوباسیلوس به عنوان یک اکسید کننده مهم گوگرد در خاک باعث افزایش چشم‌گیر میزان سولفات در خاک می‌شود (ویدیالاکشیمی و همکاران، ۲۰۰۹). دادیور و خودشناس (۱۳۸۶) در آزمایش مزرعه ای تاثیر مصرف گوگرد بر جذب عناصر کم مصرف در لوبیا مشاهده نمودند که کاربرد گوگرد به میزان ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار به همراه باکتری تیوباسیلوس باعث افزایش معنی‌دار در عملکرد و افزایش جذب عناصر کم مصرف نظیر آهن، روی، منگنز و مس شده است.

بشارتی و فلاح (۱۳۸۸) در یک بررسی گلخانه‌ای کارایی کود بیولوژیک حاوی باکتری‌های تیوباسیلوس بر عملکرد و جذب عناصر غذایی در خاک‌های آهکی زیر کشت گندم مورد مطالعه قرار دادند و دریافتند که مصرف یک تن گوگرد در هکتار همراه با کاربرد ۱۰۴ سلول تیوباسیلوس در هر گرم خاک، به اندازه ۵۸/۴۹ درصد کود سوپرفسفات در تامین فسفر مورد نیاز گیاه و افزایش عملکرد موثر واقع شده است.

فصل سوم

مواد و روش‌ها

۳ـ۱ـ زمان و محل آزمایش:

این آزمایش در سال زراعی۹۳-۱۳۹۲ در شهر کلاته رودبار از توابع شهرستان دامغان واقع در استان سمنان به اجرا درآمد.

۳ـ۲ـ موقعیت جغرافیایی محل آزمایش:

طول جغرافیایی ۵۴درجه و ۲۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶درجه و ۲۱ دقیقه شمالی که با ارتفاع ۱۶۴۰ متر از سطح دریا در دامنه جنوبی رشته کوه‌های البرز و در ناحیه مرزی استان سمنان و استان‌های گلستان و مازندران و در قسمت مرکزی منطقه رودبار قرار گرفته است.

۳ـ۳ـ شرایط آب و هوایی محل اجرای آزمایش:

ریزش جوی ۱۶۱/۵میلی‌متر، حداقل بارندگی در تیر ماه ۱۵/۳ میلی‌متر و حداکثر آن در فروردین ۲۷/۴۶ میلی‌متر بوده است. متوسط درجه حرارت ۵/۱۰ درجه سانتی گراد، حداقل دما ۱۰- درجه سانتی گراد در دی ماه و حداکثر دما ۲۳/۵ درجه سانتی گراد در مرداد ماه می‌باشد. طول دوره خشکی به مدت ۴ ماه از خرداد ماه لغایت شهریور ماه در سال است.

۳ـ۴ـ عملیات اجرایی:

۳-۴-۱- نوع و قالب طرح آزمایشی:

آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. هر تکرار شامل ۱۲ کرت و کل کرت‌ها ۳۶عدد بود. عوامل مورد بررسی عبارتند از: کود گوگرد در سه سطح: S_0، S_1، S_2 به ترتیب ۰،۵۰۰،۱۰۰۰کیلوگرم در هکتار و تیوباسیلوس در دو سطح: $\mathbf{B_0}$، $\mathbf{B_1}$ به ترتیب عدم کاربرد و کاربرد تیوباسیلوس و ورمی‌کمپوست در دو سطح: V_0،V_1 به ترتیب عدم کاربرد و کاربرد ورمی‌کمپوست، نقشه کشت به صورت زیر است:

بلوک اول

S_1	S_2	S_1	S_2	S_1	S_1	S_2	S_0	S_0	S_0	S_2	S_0
V_1	V_0	V_1	V_1	V_0	V_0	V_0	V_0	V_1	V_1	V_1	V_0
T_0	T_1	T_1	T_1	T_0	T_1	T_0	T_0	T_1	T_0	T_0	T_1

بلوک دوم

S_2	S_0	S_1	S_1	S_2	S_1	S_1	S_0	S_0	S_2	S_0	S^1
V_0	V_0	V_1	V_0	V_0	V_0	V_1	V_1	V_0	V_1	V_1	V_1
T_0	T_0	T_1	T_1	T_1	T_0	T_0	T_0	T_1	T_0	T_1	T_1

بلوک سوم

S_2	S_1	S_0	S_2	S_1	S_0	S_0	S_0	S_1	S_2	S_1	S_1
V_1	V_1	V_1	V_0	V_0	V_1	V_0	V_0	V_1	V_1	V_0	V_0
T_1	T_0	T_1	T_0	T_0	T_0	T_0	T_1	T_1	T_0	T_1	T_1

شکل۳-۱: نقشه کشت

جدول ۳-۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی ورمی‌کمپوست مورد استفاده

pH	**EC (dS/m)**	**%N**	**%P**	**%OC**	**%OM**
۷/۴۷	۱/۱۴	۱/۹۵	۲/۴	۲۰/۲۷	۳۵

جدول ۳-۲- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

پارامترهای اندازه‌گیری شده	مقدار	واحد
عمق	۰-۳۰	سانتی‌متر
اسیدیته گل اشباع (pH)	۸/۱	-
هدایت الکتریکی(EC)	۰/۴۲۸	دسی زیمنس بر متر
نیتروژن کل(Total N)	۰/۱۸۲	درصد
فسفر قابل جذب P(ava)	۲۸	پی پی ام
پتاسیم قابل جذب K(ava)	۳۳۰	پی پی ام
گوگرد کل (Total Sulfur)	۰/۰۶۳	درصد
رس(clay)	۷	درصد
سیلت (silt)	۲۳	درصد
شن (sand)	۷۰	درصد
کلاس بافت خاک	لوم شنی	ــ
جرم مخصوص حقیقی	۲/۴۳	گرم بر سانتی متر مکعب
کربن آلی (O.C)	۲/۷۵	درصد
رطوبت اشباع (sp)	۶۴/۲	درصد
آهک	۶۱/۵	درصد

۳-۴-۲- عملیات آماده سازی زمین و اعمال تیمارها:

پس از آماده نمودن زمین اندازه کرت‌ها در آن مشخص شد، محل تیمارهای مورد نیاز به صورت تصادفی تعیین گردید. هر کرت آزمایشی داری ۴ردیف کشت به فاصله ۳۰ سانتی متر و فاصله بین بوته‌ها ۲۰ سانتی‌متر می‌باشد. بدین ترتیب ابعاد هر کرت ۲×۲ انتخاب شدند. فاصله بین کرتچه‌ها دو خط کاشت و فاصله بین بلوک‌ها یک متر در نظر گرفته شد. طبق نقشه طرح، کود گوگرد گرانوله (۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰کیلوگرم در هکتار) و ورمی‌کمپوست (۵ تن در هکتار) اعمال گردید. ضمنا از نیتروژن (اوره) ، فسفر (سوپر فسفات تریپل) و پتاسیم(پتاسیم کلراید) به عنوان کود پایه استفاده شد. بعد از آماده سازی زمین، کاشت بذور لوبیا انجام شد.

۳-۵- عملیات زراعی:

زمین مورد نظر قبل از اجرای آزمایش در تناوب گندم-آیش قرار داشت. جهت کاشت لوبیا

زمین مورد نظر آبیاری و بعد از گذشت ۳ روز توسط گاوآهن برگرداندار شخم زده شد و به منظور خرد کردن کلوخه‌ها و آماده‌سازی بستر بذر، عملیات دیسک‌زنی انجام گردید. عملیات کاشت در تاریخ ۱۳۹۲/۳/۲۲انجام شد.

۳-۶- صفات مورد بررسی گیاه

۳-۶-۱- ارتفاع بوته در زمان گلدهی

با شروع گلدهی در هر کرت از ۴ بوته انتخابی، ارتفاع بوته اندازه گیری و سپس میانگین بدست آمده در نظر گرفته شد.

۳-۶-۲ تعداد غلاف در بوته

در هر کرت از دو بوته انتخابی، تعداد غلاف به طور جداگانه شمارش و میانگین بدست آمده در نظر گرفته شد.

۳-۶-۳- تعداد دانه در غلاف

در هر کرت از دو بوته انتخابی، تعداد دانه به طور جداگانه شمارش و میانگین بدست آمده در نظر گرفته شد.

۳-۶-۴- وزن صد دانه

در هر کرت از دو بوته انتخابی، تعداد صد دانه به طور جداگانه وزن و میانگین بدست آمده در نظر گرفته شد.

۳-۶-۵-کلروفیل برگ

اندازه‌گیری کلروفیل برگ با استفاده از دستگاه **SPAD**502، زمانی که برگ‌ها سبز بودند قبل از برداشت از ۴برگ (بالا و وسط کانوپی) صورت گرفت و در نهایت از میانگین اندازه‌گیری‌ها و بر حسب واحد SPAD (هیسکوکس و ایسروالیستام، ۱۹۷۸) برای محاسبات استفاده شد.

۳-۶-۶- اندازه گیری ازت به روش تیتراسیون بعد از تقطیر(کجلدال):

ابتدا هضم نمونه‌ها توسط داروی مخلوط (سلنیم و اسید سولفوریک)، اسید سالسیلیک و آب اکسیژنه صورت گرفت. بعد از شفاف شدن عصاره‌ها و انجام عمل تقطیر، با اسید سولفوریک ۰/۵ نرمال تیتر شدند.

۳-۶-۷- اندازه گیری فسفر به روش کالریمتری (رنگ زرد مولیبدات وانادات):

ابتدا هضم نمونه‌ها توسط داروی مخلوط (سلنیم و اسید سولفوریک)، اسید سالسیلیک و آب اکسیژنه صورت گرفت. بعد از شفاف شدن عصاره‌ها با دستگاه اسپکتروفتومتر یا کالریمتر مدل 6305 Jenway با طول موج ۴۷۰ نانومتر طول موج‌ها قرائت شدند.

میزان فسفر در نمونه خشک گیاه بر حسب درصد از رابطه زیر به دست می‌آید (امامی، ۱۳۷۵).

رابطه ۳-۲

$$(a-b)\times\frac{v}{2000w}\times\frac{100}{D.M}$$

که در آن:

a- غلظت فسفر در نمونه بر حسب میلی‌گرم در لیتر

b- غلظت فسفر در شاهد بر حسب میلی‌گرم در لیتر

v- حجم نهائی عصاره در مرحله هضم بر حسب میلی‌لیتر

w- وزن نمونه گیاه خشک مورد استفاده جهت هضم بر حسب گرم

D.M- درصد ماده خشک گیاه

۳-۷- صفات مورد بررسی خاک

EC -۱-۷-۳

مقدار EC عصاره حاصل از سوسپانسیون ۱:۵ توسط EC سنج مورد سنجش قرار گرفت.

pH -۲-۷-۳

مقدار pH عصاره حاصل از سوسپانسیون ۱:۵ توسط pH متر مورد سنجش قرار گرفت.

۳-۷-۳- درصد آهک

برای اندازه گیری آهک از روش سوزاندن تر استفاده شد، بدین ترتیب که نمونه خاک با اسید کلریدریک تا شروع جوشش حرارت داده و پس از سرد شدن، آب مقطر و معرف فنل فتالئین اضافه نموده ودر نهایت با سود نرمال تیتر گردید (منطقی، ۱۳۶۵).

۳-۷-۴- کربن آلی (O.C٪)، ازت کل (N%) و گوگرد کل (Sulfur%)

مقدار کربن آلی، نیتروژن کل و گوگرد کل توسط دستگاه CHNS اندازه‌گیری شد. دستگاه آنالیز عنصری CHNS (elementar-vario EL ***III***) دستگاه تمام خودکاری است که قادر است مقادیر کمی کربن، هیدروژن، نیتروژن، گوگرد را در نمونه های وزن شده با دقت $۱۰^{-۶}$ به صورت درصد تعیین کند.

۳-۷-۵- اندازه‌گیری پتاسیم قابل جذب

اندازه‌گیری پتاسیم قابل جذب خاک توسط دستگاه فلیم فتومتر مدل Jenway (PFP7) انجام شد (پیج و همکاران، ۱۹۸۲). بدین صورت که مقدار ۵ گرم خاک در ارلن ۲۵۰ میلی‌لیتر ریخته شد و سپس ۱۰۰ میلی‌لیتر از استات آمونیوم نرمال به آن اضافه نموده و بعد از نگه داری یک شبانه روز، با کاغذ صافی شماره دو صاف شد.

- محلول عصاره گیر استات آمونیوم نرمال: مقدار ۷۷/۰۸ گرم استات آمونیوم خالص را در آب مقطر حل کرده و به حجم یک لیتر رسانده شد.

- محلول‌های استاندارد:

ابتدا محلول ۱۰۰۰ پی پی‌ام پتاسیم ساخته شد، بدین صورت که مقدار ۱/۹۰۶۸ گرم کلرور پتاسیم را در بالن یک لیتری حل نموده و به حجم یک لیتر رسانده شد.

برای تهیه سری استانداردهای پتاسیم، به ترتیب مقدار ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ میلی لیتر از استاندارد

۱۰۰۰ پی پی‌ام پتاسیم را برداشته و در بالن یک لیتری ریخته شد، سپس مقدار ۵۰۰ میلی‌لیتر از استات آمونیوم دو نرمال به آن اضافه نموده و با آب مقطر به حجم یک لیتر رسانده شد. این محلول‌ها شامل ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ پی پی‌ام پتاسیم می‌باشند.

مقدار پتاسیم محلول توسط دستگاه فلیم فتومتر، بعد از قرائت استانداردها مورد سنجش قرار گرفت.

لازم به ذکر است که صفر استاندارد روی صفر دستگاه و حداکثر استاندارد روی صد دستگاه تنظیم و سپس بقیه استانداردها قرائت شد. منحنی استانداردها را رسم و سپس از روی معادله خط مربوطه، مقدار پتاسیم محلول به دست آمد. عدد به دست آمده از فرمول در ۲۰ضرب شده و مقدار پتاسیم قابل جذب بر حسب پی پی‌ام به دست آمد (نمونه ها ۲۰ برابر رقیق شده اند).

۳-۷-۶- اندازه گیری فسفر به روش اولسن

جهت اندازه گیری فسفر خاک از روش اولسن[۱] (۱۹۵۴) استفاده شد. بدین صورت که مقدار ۱ گرم از خاک را داخل لوله فالکون ریخته و سپس **۲۰** میلی‌لیتر $NaHCO_3$ (pH سدیم بیکربنات باید ۸/۵ باشد که می‌توان از NaOH ۱ مولار جهت تنظیم pH استفاده کرد) به آن اضافه شد و برای شفاف‌تر شدن محلول، از زغال اکتیو به اندازه نصف قاشق چای‌خوری استفاده شد.

لوله‌ها روی شیکر افقی با سرعت ۲۰۰ به مدت ۳۰ دقیقه شیک شدند. سپس محلول با کاغذ صافی ۴۲ صاف شد. محلول شفاف حاصل جهت آنالیز آماده شد.

برای آنالیز نمونه به روش اسپکتوفتومتری احتیاج به ساخت دو محلول جداگانه است. محلول A شامل :

۱- حل کردن ۱۲ گرم آمونیوم مولیبدات در ۲۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر

۲- حل کردن ۰/۲۹۱ گرم آمونیوم پتاسیم تارتارات در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر

۳-اضافه کردن این دو محلول در ۱۰۰۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۲/۵ مولار

---

[۱] Olsen

۴ - رساندن حجم محلول به ۲۰۰۰ میلی‌لیتر با استفاده از آب مقطر

نگهداری محلول در مکان تاریک و دور از نور (این محلول را تا چند روز می‌توان نگهداری کرد)

ساخت محلول B شامل: حل کردن ۱/۰۵۵۶ گرم از اسید آسکوربیک در ۲۰۰ میلی لیتر از محلول A (عمر این محلول ۲۴ است و باید روزانه ساخته شود)

برای اندازه‌گیری نمونه‌ها به روش اسپکتوفتومتری احتیاج به ۶-۴ عدد استاندارد داریم (معمولا یک استاندارد ۱۰۰ پی‌پی‌ام ساخته می شود و آن را رقیق می کنند) که برای اندازه گیری فسفر خاک، استانداردهای ۲۵،۱۰، ۱،۵، ۰/۱ و ۰/۰۵ پی‌پی‌ام ساخته شد. از $NaHCO_3$ به عنوان محلول Blank (شاهد) استفاده شد. در داخل هر کووت مقدار ۳۰۰ میکرولیتر از عصاره‌ی شفاف تهیه شده و ۱۰۰۰ میکرولیتر آب مقطر و ۳۰۰ میکرولیتر محلول B ریخته شد که طیف رنگ آبی را تشکیل دادند. جهت خواندن اعداد در دستگاه اسپکتوفتومتری مدل Jenway 6305 طول موج روی ۸۸۲ نانومتر تنظیم شد و پس از صفر کردن عدد دستگاه در زمان قرائت محلول شاهد به ترتیب استانداردها و بعد از آن عصاره‌ها خوانده شد و میزان فسفر قابل جذب به‌دست آمد.

۳-۷-۶- درصد رطوبت اشباع

از قرار دادن گل اشباع به مدت ۲۴ ساعت در آون ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد بدست آمد.

۳-۸- تجزیه وتحلیل آماری داده ها

تجزیه و تحلیل اماری داده‌های آزمایش با استفاده از نرم افزار **MSTATC** انجام شد. برای رسم شکل‌ها از نرم افزار **Excel** استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (**LSD**) و در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

فصل چهارم

نتایج و بحث

۴-۱- صفات مورد بررسی در گیاه

۴-۱-۱- ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته،تعداد دانه دربوته، وزن صد دانه و میـزان سـطح برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها مطابق جدول پیوست ۱ و ۲ و۳ نشان داد که اثر عوامـل اصلی و اثرات متقابل این عوامل بر روی ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، وزن صد دانه، عملکرد دانه و میزان سطح برگ در مرحله ۵۰ درصد گلدهی معنی‌دار نشده است.

افزایش ارتفاع گیاه معمولا نتیجه افزایش توانایی طویل شدن و تکثیر سلول‌هاست که خود در نتیجه بهبود جذب عناصر غذایی توسط گیاه می‌باشد. هم چنـین تولیـد مـواد محـرک رشـد ماننـد اینـدول استیک اسید و جیبرلیک اسید توسط ریزوباکترها در مجاورت ریشه گیاه می‌تواند در این فرایند نقش داشته باشد (جوردن و انسمینگر، ۱۹۵۸).

فرح‌بخش و همکاران (۱۳۸۶) نتیجه گرفتند، که گوگرد وزن خشک، سطح برگ و ارتفاع بوته را در آفتابگردان به طور معنی‌داری تحت تاثیر قرار داد و باعث افزایش آنها شد. افزایش در وزن خشک کل به علت افزایش در سطح برگ، تعداد برگ و ارتفاع بوته می‌باشد که این مسئله به اثر گوگرد در کاهش pH خاک و افزایش قابلیت دسترسی عناصر به ویژه ریز مغذی‌ها مربوط می‌شود. اثر مثبت گوگرد بر وزن خشک و سطح برگ توسط ردی و همکاران (۱۹۹۶) گزارش شد. اما هیلتون و زوبریسکی (۱۹۸۵) و سپهر و ملکوتی (۲۰۰۲) به نتایج مغایری دست یافتند. حسنی و همکاران (۱۳۹۱) گزارش کردند که کود گوگرد بر عملکرد دانه، تعداد دانه در غلاف و ارتفاع بوته در کنجد تاثیر معنی داری نداشت و فقط تاثیر آن بر تعداد غلاف در بوته اثر معنی دار بود.

ممی زاده (۱۳۹۰) نیز گزارش کرد که تعداد غلاف در بوته، وزن صد دانه و میزان سطح برگ در گیاه سویا با استفاده از گوگرد، تیوباسیلوس و ورمی‌کمپوست معنی‌دار نیست.

گوهر گانی و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند که اثر متقابل ماده آلی و باکتری بر تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته و ارتفاع بوته معنی‌دار نشد. در این آزمایش نیز عملکرد و اجزای عملکرد معنی دار نشدند.

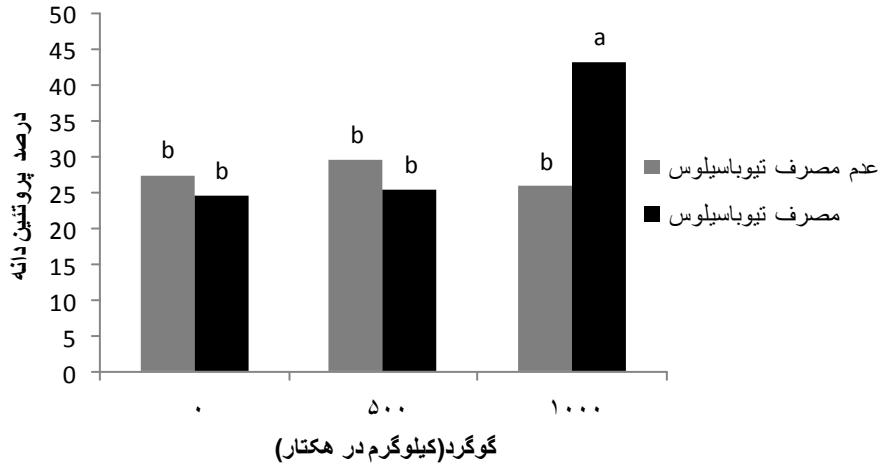
۴-۱-۲- پروتئین دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها مطابق جدول پیوست ۳ نشان داد که فقط اثر متقابل گوگرد و تیوباسیلوس بر روی درصد پروتئین دانه در سطح ۵٪ معنی دار است. ولی اثرات اصلی تیمارها معنی-دار نشدند.

مطالعات انجام شده توسط سپه وند (۱۳۸۹) و ممی‌زاده (۱۳۹۰) بر روی سویا نشان داد که اثر گوگرد بر روی درصد پروتئین دانه معنی‌دار نشد.

فرحبخش و همکاران (۱۳۸۶) نیز اعلام کردند که اعمال تیمار گوگرد درصد پروتئین دانه را در آفتابگردان به طور معنی‌داری تحت تاثیر قرار نداده است. بابایی (۱۳۸۷) نشان داد با مصرف نیتروژن، درصد پروتئین دانه نسبت به شاهد (بدون نیتروژن) افزایش می‌یابد و در حقیقت یک رابطه مستقیم بین این دو وجود دارد. افزایش درصد پروتئین به دلیل افزایش نیتروژن بذر در اثر کاربرد گوگرد و تیوباسیلوس می‌باشد. با افزایش مقدار نیتروژن، تشکیل پیش زمینه‌های پروتئینی نیتروژن‌دار بیشتر شده و بنابراین تشکیل پروتئین از مواد فتوسنتزی بیشتر می‌گردد (هولمز و اینسلی، ۱۹۹۷).

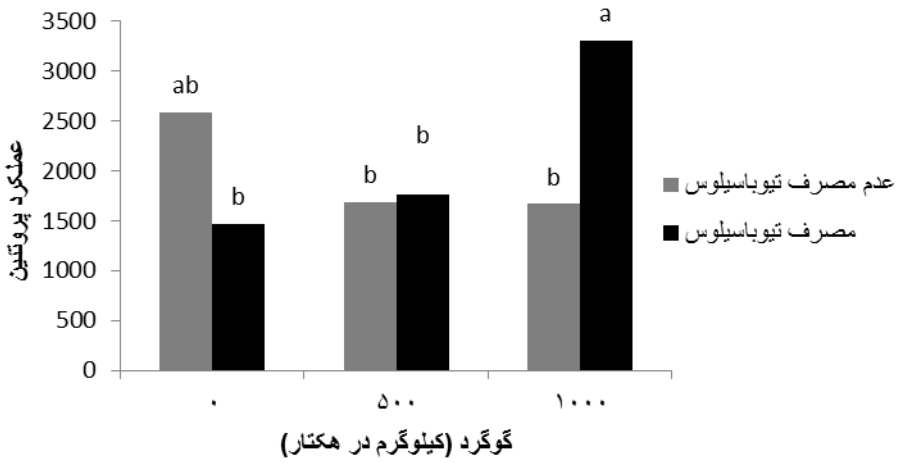
با توجه به شکل (۴-۱) مصرف ۱۰۰۰کیلوگرم در هکتار گوگرد به همراه مصرف تیوباسیلوس بیشترین تاثیر بر درصد پروتئین دانه را به خود اختصاص داده و باعث افزایش ۵۷ درصدی نسبت به شاهد شد.



شکل(۴-۱) اثر متقابل گوگرد و تیوباسیلوس بر درصد پروتئین دانه

گوگرد جزء ساختمان اسیدهای آمینه سیستئین و متیونین و در نتیجه جزء ساختمان پروتئین هاست. هر دو این اسید آمینه، برای ساخت دیگر ترکیبات دارای گوگرد مانند کوآنزیم ها و فراورده های ثانوی گیاهان لازم هستند (خلدبرین و اسلام زاده، ۱۳۸۰).

شکل (۴-۲) نشان می‌دهد که مصرف ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به همراه مصرف تیوباسیلوس باعث افزایش عملکرد پروتئین شده است، ولی بر اساس نتایج مقایسه میانگین، تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشته است. این نتیجه افزایش عملکرد را می‌توان به نقش گوگرد در ساخت پروتئین و نقش تیوباسیلوس به عنوان اکسید کننده گوگرد نسبت داد.



شکل (۴-۲) اثر متقابل گوگرد و تیوباسیلوس بر عملکرد پروتئین

۴-۱-۳- فسفر دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها مطابق جدول پیوست ۲ نشان داد که اثرات اصلی تیمارها و اثرات متقابل آنها بر میزان فسفر دانه غیر معنی‌دار است.

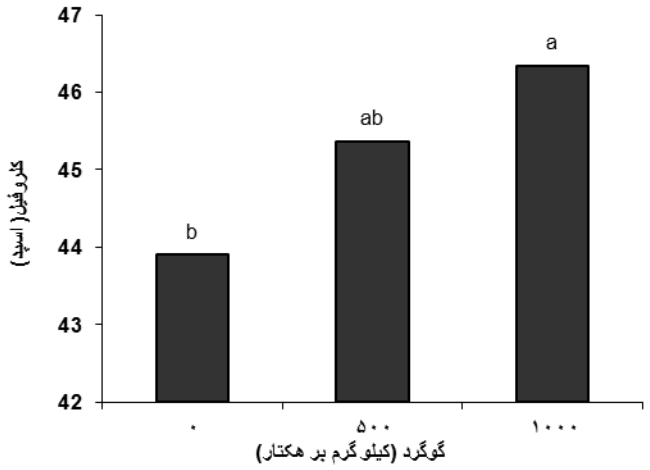
ساحنی و همکاران (۲۰۰۸) افزایش فسفر شاخساره نخود فرنگی را در مقادیر مختلف ورمی‌کمپوست مصرفی نسبت به شاهد گزارش نمودند. همچنین آذرمی و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که مصرف ورمی کمپوست در گیاه گوجه فرنگی سبب افزایش غلظت فسفر نسبت به تیمار شاهد شد. زالر (۲۰۰۷) نیز طی پژوهشی اعلام کرد که کاربرد ورمی‌کمپوست روی گیاه گوجه فرنگی سبب افزایش میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم در میوه این گیاه نسبت به تیمار شده است. شیخی و همکاران (۱۳۹۰) گزارش کردند که اثر کاربرد ورمی‌کمپوست بر افزایش جذب کل فسفر در اندام هوایی توت فرنگی معنی‌دار بوده است. بابایی و همکاران (۱۳۹۱) به این نتیجه رسیدند که برای خاک‌های با درصد آهک بالا، مصرف ۳ تن گوگرد عنصری در هکتار به همراه باکتری تیوباسیلوس می‌تواند به افزایش قابلیت جذب فسفر و عناصر کم مصرف و نهایتا افزایش عملکرد گیاه سویا کمک نماید.

از آنجایی‌که میزان آهک (۶۱/۵ درصد) در خاک مورد مطالعه بالا بوده و با توجه به گزارشی که بابایی و همکاران (۱۳۹۱) ارائه نموده‌اند، می‌توان این نتیجه را گرفت که مصرف مقادیر بیشتر از ۱ تن در هکتار گوگرد به همراه تیوباسیلوس، احتمالا می‌تواند به افزایش قابلیت جذب فسفر کمک نماید.

۴-۱-۴- کلروفیل

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها مطابق جدول پیوست ۲ نشان داد که تاثیر سطوح مختلف گوگرد بر میزان کلروفیل برگ در سطح ۵ درصد معنی‌دار شده، ولی اثرات اصلی ورمی‌کمپوست و تیوباسیلوس و هیچکدام از اثرات متقابل تاثیر معنی‌داری بر میزان کلروفیل برگ نداشته است.

همان‌طور که در شکل (۴-۳) نشان داده شده، بالاترین میزان کلروفیل برگ (۴۶/۳۳۵ اسپد) در تیمار ۱۰۰۰ کیلوگرم کود گوگرد به دست آمد که کلروفیل برگ را نسبت به تیمار شاهد (۴۳/۹۰۲ اسپد) ۵/۵۴ درصد افزایش داد، اما با تیمار مصرف ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد در یک سطح آماری قرار گرفت.



شکل (۴-۳) تاثیر سطوح مختلف گوگرد بر میزان کلروفیل

گوگرد علاوه بر شرکت در ترکیب‌های اسید آمینه، ویتامین‌ها و آنزیم‌ها در ساخت کلروفیل نیز ضروری است (آستا، ۱۳۸۸).

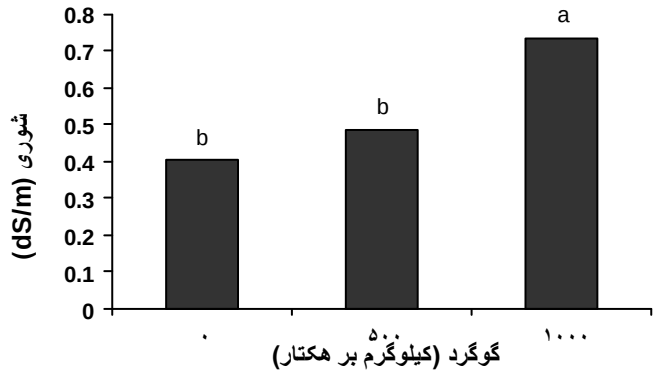
با توجه به نقش گوگرد در ساخت کلروفیل می‌توان این نتیجه را گرفت که استفاده از گوگرد تاثیر مثبتی بر میزان کلروفیل داشته است. همچنین این نتیجه را هم می‌توان گرفت که استفاده از گوگرد در خاک‌های با واکنش قلیایی به تغییرات اسیدیته خاک کمک می‌کند که کاهش اسیدیته خاک باعث انحلال بیشتر عناصر غذایی و جذب بیشتر آن به وسیله گیاه شده و نتیجتا موجب افزایش کلروفیل گیاه می‌گردد.

۴-۲- صفات مورد بررسی در خاک

۴-۲-۱- هدایت الکتریکی (EC)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها مطابق جدول پیوست ۴ نشان داد که اثر اصلی گوگرد در سطح ۱٪ و اثرات متقابل سه گانه در سطح ۱٪ بر روی هدایت الکتریکی معنی‌دار شد.

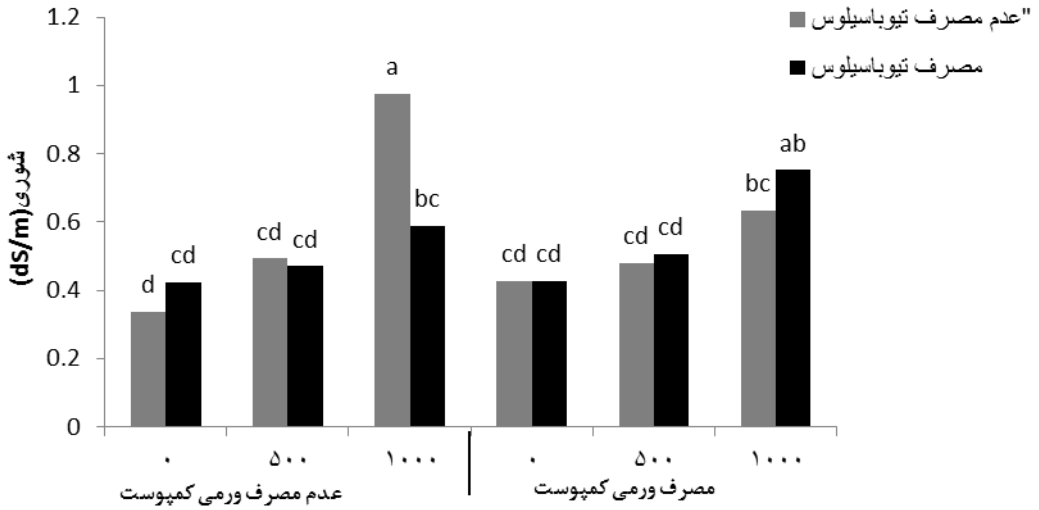
ممی زاده (۱۳۹۰) نیز گزارش کرد که اثرات اصلی تیمارهای گوگرد، تیوباسیلوس و ورمی‌کمپوست و همچنین اثرات متقابل آنها در زراعت سویا باعث افزایش EC خاک شده، ولی از نظر آماری معنی‌دار نشد. در این مطالعه نیز افزودن تیمارهای کودی منجر به افزایش EC خاک شده، ولی در همه تیمارها اثر معنی‌داری نشان نداد.



شکل (۴-۴) تاثیر سطوح مختلف گوگرد گرانوله بر میزان شوری خاک

با توجه به شکل (۴-۴) سطوح مختلف گوگرد بر میزان EC خاک معنی‌دار شدو مصرف ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد با افزایش ۸۲ درصدی نسبت به شاهد، EC را افزایش داد. اکسیداسیون گوگرد باعث کاهش pH می‌شود و با افزایش حلالیت بعضی از نمک ها، EC افزایش می‌یابد.

با توجه به تفاسیر ذکر شده می‌توان این نتیجه را گرفت که مصرف ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به تنهایی نیز می‌تواند باعث افزایش شوری شود.



شکل (۴-۵) اثر متقابل سه گانه گوگرد، ورمی کمپوست و تیوباسیلوس بر میزان شوری خاک

اثر متقابل سه‌گانه گوگرد، ورمی‌کمپوست و تیوباسیلوس بر میزان شوری در سطح ۵٪ معنی‌دار شد. شکل (۴-۵) نشان دهنده روند افزایشی در میزان شوری خاک می‌باشد. زمانی که مصرف ورمی-کمپوست همراه با مصرف تیوباسیلوس شد، بیشترین میزان شوری در۱۰۰۰کیلوگرم در هکتار گوگرد مشاهده شد، اما از لحاظ آماری با زمانی که ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد با عدم مصرف ورمی-

کمپوست و عدم مصرف تیوباسیلوس همراه بوده، تفاوتی مشاهده نشد، که در حالت دوم ۱۸۹ درصد نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری مشاهده شد.

گوگرد در خاک و در حضور باکتری‌های تیوباسیلوس به اسید سولفوریک تبدیل شده و موجبات کاهش واکنش خاک را فراهم می‌آورد. افزایش هدایت الکتریکی خاک با اکسیداسیون ترکیبات گوگرد مرتبط است. با انحلال کربنات‌های کلسیم و تولید گچ، میزان شوری خاک افزایش می‌یابد (اوبی و ابو، ۱۹۹۵). در تحقیق انجام شده توسط سلاطون و همکاران(۱۹۹۱)، بیشترین میزان کاهش pH خاک و افزایش شوری مربوط به افزایش ۱۵ تن در هکتار گوگرد همراه با باکتری تیوسیلوس بوده است، چرا که تولید اسید سولفوریک و انحلال نمک‌های قلیایی در خاک‌های آهکی و تولید گچ میزان شوری خاک را افزایش می‌دهد. مواد آلی بخصوص کود ورمی‌کمپوست گاوی دارای مقدار زیادی نمک‌های قلیایی و قلیایی خاکی می‌باشد که پس از ورود به خاک و تجزیه آنها تولید CO_2 و اسیدهای آلی نموده و انحلال کربنات‌ها را بدنبال خواهد داشت که موجب افزایش شوری خاک می‌گردد.

۴-۲-۲- واکنش خاک (pH)

در این مطالعه همه تیمارهای کودی موجب کاهش pH شد، ولی نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها مطابق جدول پیوست ۴ نشان داد که فقط اثر اصلی ورمی‌کمپوست و اثر متقابل گوگرد و ورمی‌کمپوست بر روی اسیدیته عصاره سوسپانسیون در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد.

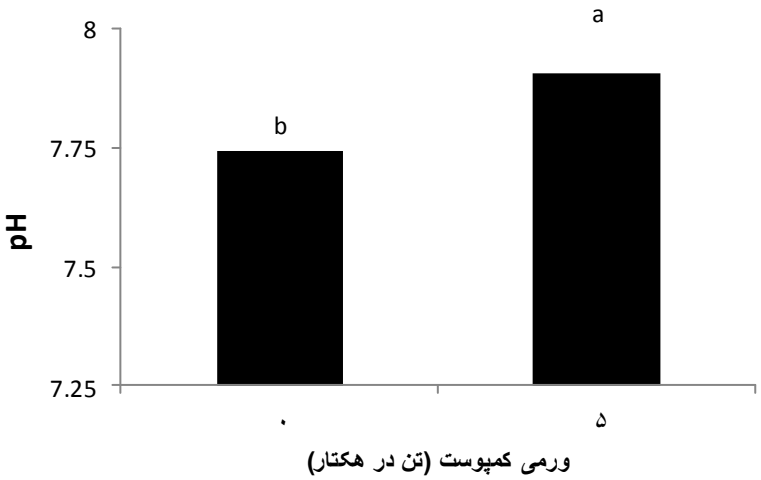
کاهش pH خاک (حتی به طور موضعی) یکی از روش‌های موثر و رایج مقابله با تثبیت عناصر غذایی در خاک‌های آهکی و قلیایی محسوب می‌شود. گوگرد متداول‌ترین و مقرون به صرفه‌ترین ماده اسیدزا می‌باشد (تیسدال همکاران، ۱۹۹۳). از سوی دیگر اکسایش گوگرد از طریق کاهش pH و افزایش قابلیت جذب برخی از عناصر غذایی می‌تواند موجب بهبود رشد و عملکرد گیاهان شود (بائو، ۱۹۹۸). نور قلی پور و همکاران (۸۲ و ۱۳۸۱) ابراز نمودند که کاربرد گوگرد به همراه باکتری‌های تیوباسیلوس، یکی از روش‌های کاهش موضعی pH می‌باشد. فلاحتگر و همکارانش (۱۳۹۰) نتیجه گرفتند که افزایش سطوح گوگرد و تلقیح تیوباسیلوس باعث کاهش pH خاک شد. امانی و رئیسی

(۱۳۸۶) نیز نتیجه گرفتند که افزودن گوگرد منجر بـه کـاهش pH خـاک مـی‌گـردد. امـا ممـی‌زاده (۱۳۹۰) گزارش کرد که استفاده از گوگرد (۵۰۰ و ۱۰۰۰ کیلوگرم) و حتی گـوگرد بـه همـراه مایـه تلقیح تیوباسیلوس، کاهش محسوسی در pH خاک نداشته است.

در تحقیقی که توسط پسندیده و همکاران (۱۳۸۲) انجام شده، گزارش نتایج جدول نشان داده اسـت که با اکسیداسیون گوگرد pH خاک کاهش محسوسی پیـدا مـی‌کنـد. بنـابراین پتانسـیل اسـتفاده از گوگرد جهت رفع مشکلات تغذیه‌ای گیاهان در خاک‌های آهکی و قلیایی کشور وجود دارد. اما استفاده از گوگرد وقتی نتیجه بخش خواهد بود که به مقدار کافی در خاک اکسید گردد. قسمت اعظم گـوگرد مصرفی در خاک‌ها توسط میکروارگانیسم‌های خاکزی که باکتری‌های تیوباسیلوس مهم‌ترین آنها می-باشند، اکسید می‌گردد. لذا شرط بهره‌گیری از توان بالقوه گوگرد، حضور باکتری‌های تیوباسـیلوس در خاک می‌باشد. اخوان و فلاح نصرت آباد (۱۳۹۲) نتیجه گرفتند که اثر ساده باکتری و گوگرد و اثـرات متقابل آنها در کاهش pH خاک در سطح ۱ ٪ معنی‌دار است.

نتایج محققان نشان داد که مصرف گوگرد، pH خاک را فقط به میزان ۰/۰۷ واحد کـاهش داد کـه از نظر آماری معنی دار نبود و به نظر می‌رسد، بالا بودن میزان آهک خاک و زیاد بـودن قـدرت تـامپونی چنین خاک‌هایی از کاهش pH خاک جلوگیری می‌نماید (عبادی، ۱۳۶۵؛ ملکوتی و نفیسی، ۱۳۶۷).

این مطالعه نشان داد که تیمارهای اعمال شده باعث کاهش pH شد، اما همان‌طور کـه در شـکل (۴-۶) نشان داده شده، مصرف ورمی‌کمپوست باعث افزایش pH نسبت به شاهد شده است. افـزایش pH خاک در نتیجه کاربرد کود کمپوست توسط آگلیدز و لوندرا (۲۰۰۰) گزارش شد.



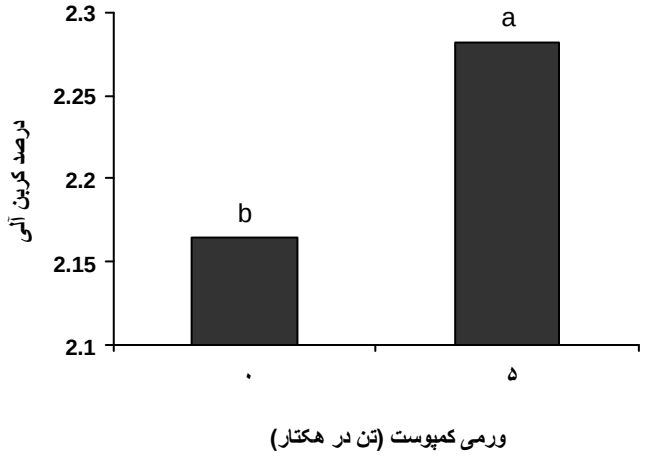
شکل (۴-۶) تاثیر مصرف ورمی‌کمپوست بر میزان pH خاک

۴-۲-۳- درصد کربن آلی خاک

نتایج جدول تجزیه واریانس مطابق جدول پیوست ۵ نشان داد که اثر اصلی ورمی‌کمپوست و اثرات متقابل گوگرد – ورمی‌کمپوست در سطح ۱٪ معنی دار است.

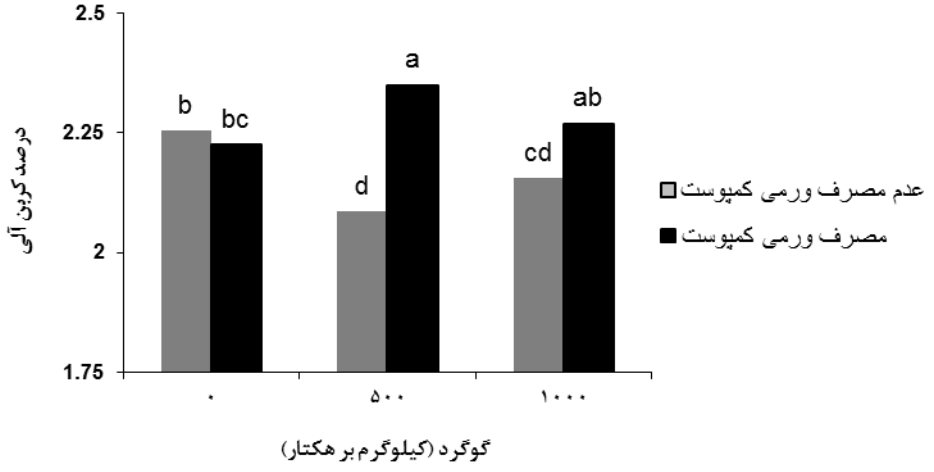
با توجه به شکل (۴-۷) مصرف ورمی‌کمپوست تاثیر معنی‌داری بر میزان کربن آلی داشته و باعث افزایش آن شده است.

در کود ورمی‌کمپوست، کربن غنی شده فضولات کرم‌های خاکی به عنوان یک منبع تولید انرژی برای باکتری‌ها ذخیره می‌شود (آرانکون و همکاران، ۲۰۰۴). در این راستا برسز و همکاران (۲۰۰۵) اظهار داشتند که ورمی‌کمپوست با افزودن ماده آلی باعث حاصلخیزی خاک، تغییر خصوصیات فیزیکی و جذب بیشتر آب در خاک می‌شود.



شکل (۴-۷) تاثیر مصرف ورمی‌کمپوست بر میزان کربن آلی خاک

اثر متقابل گوگرد و ورمی‌کمپوست نیز در سطح۱ ٪ معنی دار شد و از بین تیمارهایی که در کلاس a قرار گرفتند مصرف ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به همراه مصرف ورمی‌کمپوست با افزایش ۴درصدی بیشترین مقدار کربن آلی را نسبت به شاهد داشته است شکل (۴-۸).

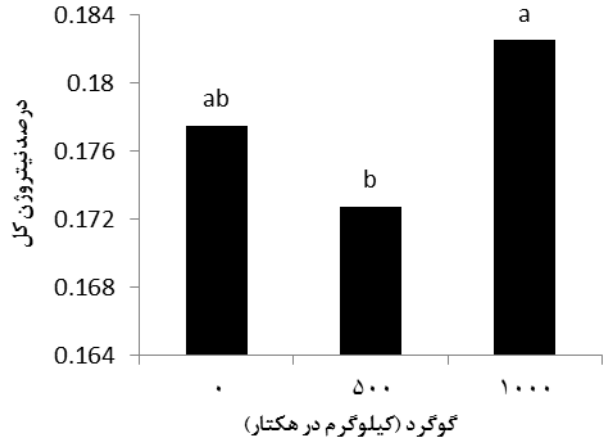


شکل (۴-۸) اثر متقابل گوگرد و ورمی‌کمپوست بر میزان کربن آلی خاک

حضور تیوباسیلوس و گوگرد همراه با مواد آلی سبب تجزیه سریع مواد آلی آن شده و مقدار کربن آلی کاهش خواهد یافت. از طرفی ترکیب این سه ماده مذکور باعث افزایش مواد غـذایی و انحـلال بیشـتر آنها به محلول خاک می‌شود. تجزیه مواد آلی و میکروارگانیسم‌ها از طریق تشـکیل خاکدانـه، افـزایش نفوذپذیری درخاک‌های سنگین، افزایش ظرفیت نگهداشـت آب، افـزایش ظرفیـت تبـادل کـاتیونی و تهویه سبب بهبود شرایط فیزیکی خاک گردیده و عملکرد گیاه را افزایش می‌دهد که خود سبب تولید باقیمانده‌های گیاهی بیشتری در خاک خواهد شد. اما در مناطق خشک و نیمه خشک به‌دلیل شـرایط گرمایی زیاد، ماده آلی سریع تجزیه خواهد شد، لذا افزودن مواد آلی به خاک برای فراهم آوردن شرایط مطلوب ضروری به‌نظر می‌رسد. در تحقیقی نشان داده شده که استفاده از ۷/۵ تن کود ورمی‌کمپوست در هکتار عملکرد را ۳۹ درصد افزایش داده است. این افزایش عملکرد ممکن است بدلیل افزایش حجم ریشه و نیز به علت افـزایش مـواد غـذایی خـاک و عناصـر قابـل در دسـترس باشـد (گیوسـکوئینی و همکاران، ۱۹۹۵).

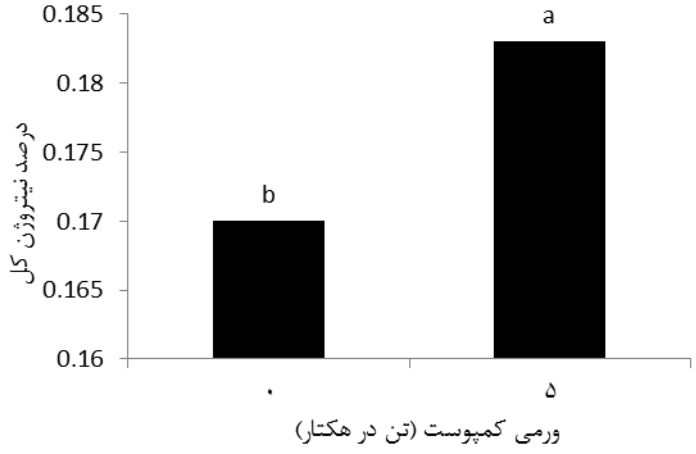
۵-۲-۴- درصد ازت کل خاک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها مطابق جدول پیوست ۶ نشان داد که اثرات اصلی گوگرد و ورمی‌کمپوست، اثر متقابل گوگرد و تیوباسیلوس و اثر متقابل گوگرد و ورمی‌کمپوست بر میزان نیتروژن کل معنی‌دار شد.



شکل (۴-۹) تاثیر سطوح مختلف گوگرد بر درصد نیتروژن خاک

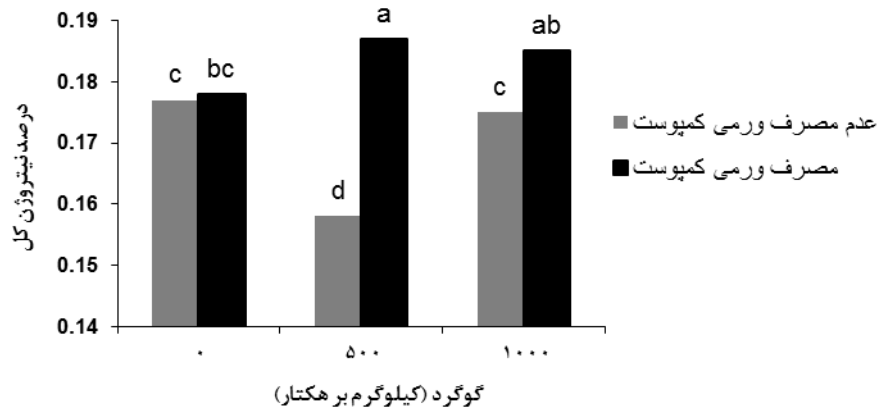
شکل (۴-۹) نشان می‌دهد که مصرف ۱۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار گوگرد بیشترین درصد نیتروژن کل را به خود اختصاص داده است و با مصرف ۵۰۰ کیلو گرم بر هکتار گوگرد اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد ولی با شاهد اختلاف معنی‌داری ندارد.



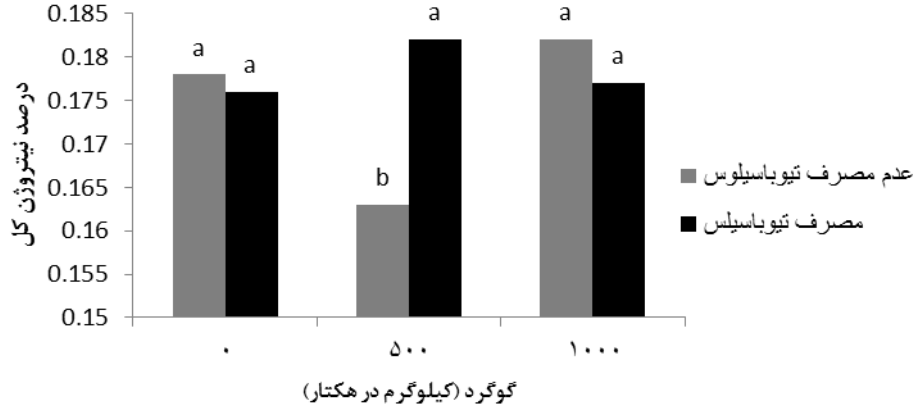
شکل (۴-۱۰) اثر ورمی‌کمپوست بر درصد نیتروژن خاک

با توجه به اینکه بخشی از نیتروژن خاک از مواد آلی تامین می‌شود مصرف ۵ تن در هکتار ورمی کمپوست توانسته باعث افزایش درصد نیتروژن کل شود (شکل ۴-۱۰).

درصد نیتروژن کل تحت تاثیر اثر متقابل گوگرد و ورمی‌کمپوست در سطح احتمال ۱٪ قرار گرفت. جدول مقایسه میانگین نشان داد، هر چند در زمان مصرف ورمی‌کمپوست بین مصرف ۵۰۰ و ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد از نظر افزایش درصد نیتروژن کل تفاوتی وجود ندارد، ولی نسبت به شاهد تفاوت معنی داری نشان داد و افزایش ۵/۴ درصدی آن را موجب شده است شکل (۴-۱۱).



شکل (۴-۱۱) اثر متقابل گوگرد گرانوله و ورمی‌کمپوست بر درصد نیتروژن کل



شکل (۴-۱۲) اثر متقابل گوگرد و تیوباسیلوس بر درصد نیتروژن خاک

درصد نیتروژن کل تحت تاثیر اثر متقابل گوگرد و ورمی کمپوست قرار گرفت. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد که همه تیمارها در یک سطح آماری قرار گرفتند ولی زمانی که مصرف ۵۰۰ کیلوگرم بر هکتار گوگرد زمانی که با عدم مصرف تیوباسیلوس همراه شده، کمترین مقدار نیتروژن را به خود اختصاص داده است.

آزاد سازی تدریجی عناصر غذایی کود دامی در افزایش غلظت نیتروژن خاک در این تیمار موثر بوده که با نتایج شریفی (۱۳۷۷) و کولاتا و همکاران (۱۹۹۲) مطابقت دارد. میزان نیتروژن معدنی گاهی اوقات بویژه در اوایل فصل رشد در نظام زیستی کمتر از حد بهینه می‌باشد، که منجر به محدودیت نیتروژن برای محصولات با نیاز بالا می‌شود. مصرف کودهای آلی علاوه بر افزایش مواد آلی خاک، منجر به افزایش محتوی عناصر غذایی خاک بویژه نیتروژن می‌شود. اساسا نیتروژن کل خاک با مصرف کودهای آلی و عملیات مدیریت زیستی افزایش می‌یابد (درینک واتر و همکاران،۱۹۹۵). مشخص شده است که کودهای آلی موجب تحریک تثبیت نیتروژن در خاک شده که ممکن است موجب افزایش نیتروژن خاک شود (لادا و همکاران، ۱۹۹۸).

۴-۲-۵- پتاسیم قابل جذب

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها مطابق جدول پیوست ۶ نشان داد که اثرات اصلی و اثرات متقابل تیمارها بر روی میزان پتاسیم قابل جذب خاک معنی‌دار نگردید. علت معنی‌دار نشدن این اثرات را می‌توان به مقدار بالای پتاسیم خاک مورد نظر قبل از کشت نسبت داد.

۴-۲-۶- فسفر قابل جذب خاک

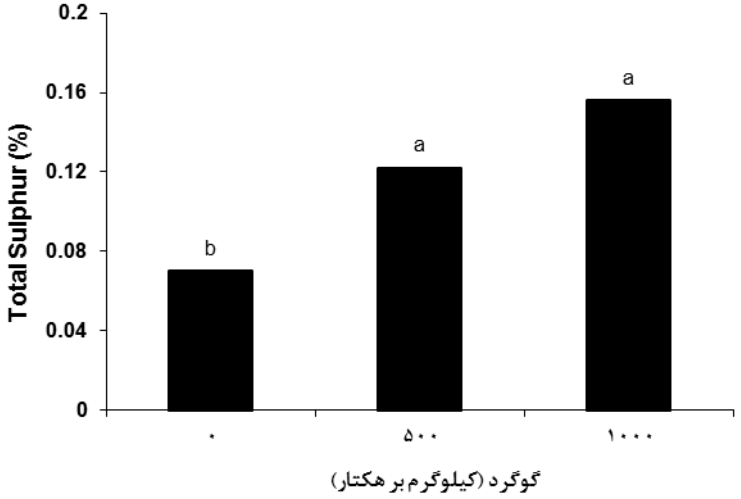
نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس مطابق جدول پیوست ۶ نشان داد که اثرات اصلی گوگرد، تیوباسیلوس و ورمی‌کمپوست و اثرات متقابل بین آنها معنی‌دار نشده است.

بشارتی و صالح راستین (۱۳۸۰) در بررسی تاثیر کاربرد مایه تلقیح تیوباسیلوس همراه با گوگرد در قابلیت جذب فسفر نتیجه گرفتند که استفاده از مایه تلقیح تیوباسیلوس همراه با مصرف گوگرد در خاک، روی تمام شاخص‌های اندازه‌گیری شده در خاک و گیاه ذرت تاثیر معنی‌داری در سطح ۱٪ داشته و مصرف گوگرد به طور هم‌زمان با باکتری‌های اکسیدکننده توانسته تاثیری معادل کودهای فسفری داشته باشد. اخوان و فلاح نصرت آباد (۱۳۹۲) نتیجه گرفتند که اثر ساده باکتری و گوگرد و اثرات متقابل آنها در قابلیت جذب فسفر خاک در سطح ۱ ٪ معنی دار است. امانی و رئیسی (۱۳۸۶) نتیجه گرفتند که سطوح مختلف گوگرد بر غلظت عناصر غذایی فسفر و پتاسیم اختلاف معنی‌دار دارد. بشارتی و فلاح (۱۳۸۸) مصرف یک تن گوگرد در هکتار همراه با کاربرد $۱۰^{۴}$ سلول تیوباسیلوس در هر گرم خاک، به اندازه ۵۸/۴۹ درصد کود سوپرفسفات در تامین فسفر مورد نیاز گیاه موثر واقع شده است. کاچا و همکاران (۱۹۹۷) نتیجه گرفتند که جذب فسفر توسط لوبیا با افزایش مقدار گوگرد افزایش یافت. بشارتی کلایه (۱۳۷۷) دریافت نمود که مصرف نیم درصد (وزنی) گوگرد عنصری با کاهش pH ، مقدار فسفر قابل جذب خاک را از ۴/۹۹ به ۱۲/۸۷ میلی‌گرم در کیلوگرم افزایش داد.

از محاسن کودهای بیولوژیک تیوباسیلوس و ورمی‌کمپوست افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی به ویژه فسفر است؛ همان‌طور که از نتایج بالا برمی‌آید. از آنجایی‌که اکثر فسفر استفاده شده در کودهای شیمیایی در خاک‌ها توسط کلسیم (درخاک‌های قلیایی) و آلومینیوم و آهن (در خاک‌های اسیدی) از دسترس گیاه خارج می‌شود، استفاده از کودهای بیولوژیک می‌تواند فراهمی فسفر را افزایش داده و از طرفی نیز با کاهش استفاده از کودهای شیمیایی، موجب کاهش آلودگی محیط زیست گردد. اما نتیجه‌ای که خادم و همکاران (۱۳۹۰) ارائه کردند با نتایجی که در بالا ذکر شد، مغایرت داشت. طبق این گزارش با افزایش گوگرد، فسفر قابل جذب کاهش یافت. لازم به ذکر است میزان گوگرد استفاده شده در اینجا صفر، ۷/۵ و ۱۵ تن در هکتار بوده است. با ورود گوگرد در خاک این ماده اکسید شده و با تولید اسید سولفوریک باعث کاهش واکنش خاک شده و با افزایش حلالیت یون‌های آهن و آلومینیوم، موجب تثبیت فسفر شده و لذا از میزان فسفر قابل جذب کاسته می‌شود (جانسون، ۱۹۷۵).

۴-۳-۷- درصد گوگرد کل در خاک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها مطابق جدول پیوست ۶ نشان داد که فقط اثر اصلی گوگرد بر درصد گوگرد کل در سطح ۱٪ معنی‌دار است. اما با توجه به مقایسه میانگین اختلافی بین ۵۰۰ و ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده نشد.



شکل (۴-۱۳) تاثیر سطوح مختلف گوگرد بر درصد گوگرد کل در خاک

۴-۳-۸- درصد آهک

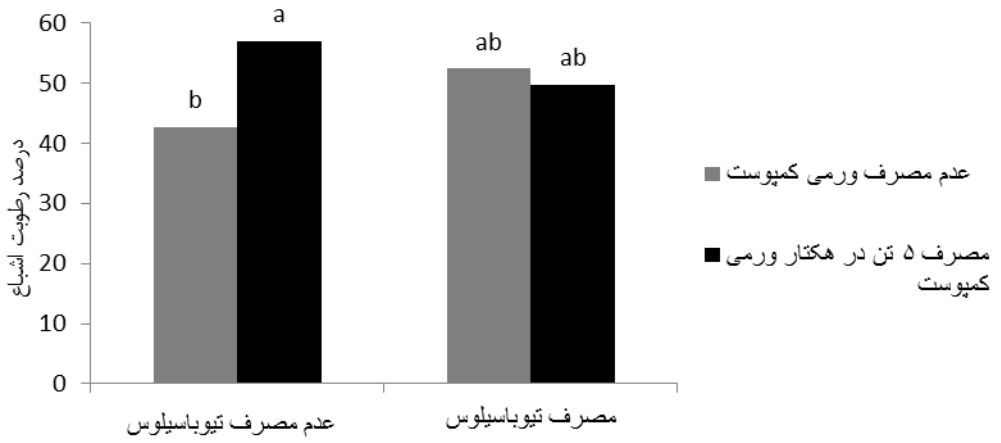
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده مطابق جدول پیوست ۵ نشان داد اثرات اصلی تیمارها و اثرات متقابل بین آنها بر میزان درصد آهک خاک معنی‌دار نیست. افزودن گوگرد تا حدودی توانسته موجب کاهش آهک خاک گردد ولی از آنجایی که میزان آهک اولیه خاک بالا (۶۱/۵ درصد) و سطوح اعمال شده برای گوگرد کم بوده، اثرات معنی‌داری مشاهده نشده است.

اصولا کاهش pH در صورتی می‌تواند رخ دهد که میزان آهک خاک کم و در حدود ۲ تا ۳ درصد باشد (عبادی، ۱۳۶۵). ولی در خاکی با بیش از ۴۰ ٪ آهک نمی‌توان شاهد تغییر قابل توجه pH بود (ملکوتی و نفیسی، ۱۳۶۷). از طرفی اصولا واکنش خاک ثابت باقی نمی‌ماند. فرآیندهای بیولوژیکی،

شیمیایی و فیزیکوشیمیایی خاک با فعل و انفعالات مختلف تولید اسید و باز می‌کنند (میلانی و سیستانی، ۱۳۶۸) و باعث نوساناتی در pH خاک می‌شوند. به هر حال این نتیجه با نتایج حاصل از تحقیقات صلحی و درخشنده پور (۱۳۷۸) و سمر و ملکوتی (۱۳۷۷) مطابقت داشته ولی با نتایج تحقیقات بشارتی و صالح راستین (۱۳۷۸) و کلباسی (۱۹۸۶) مطابقت ندارد. دلیل این عدم تطابق، این بوده است که اولا میزان آهک خاک‌های مورد آزمایش این محققین به مراتب کمتر از میزان آهک محل اجرای این آزمایش بوده و ثانیا میزان گوگرد مصرفی آنها بیشتر و نهایتا اینکه شرایط مکانی آزمایش‌ها متفاوت بوده است. در این مطالعه نیز استفاده از گوگرد به تنهایی و به همراه تیوباسیلوس، اثر معنی‌داری در کاهش pH ایجاد نکرد که می‌تواند به دلیل قدرت بالای بافری خاک باشد.

۴-۳-۹- درصد رطوبت اشباع (Sp%)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها مطابق جدول پیوست ۵ نشان داد که اثر متقابل ورمی‌کمپوست و تیوباسیلوس بر روی درصد رطوبت اشباع در سطح ۵٪ معنی‌دار شد.



شکل (۴-۱۴) اثر متقابل تیوباسیلوس و ورمی کمپوست بر درصد رطوبت اشباع

با توجه به شکل(۴-۱۴) بالاترین میزان درصد رطوبت اشباع زمانی است که به مصرف ۵ تن در هکتار ورمی کمپوست با عدم مصرف تیوباسیلوس همراه شد، ولی از لحاظ آماری با تیمارهایی که در کلاس ab قرار گرفتند، تفاوتی مشاهده نشد.

تجزیه مواد آلی علاوه براینکه موجب تغییرات مثبت ساختمان خاک می‌شود، سبب افزایش سرعت نفوذ آب و ظرفیت نگهداری آب به‌وسیله خاک نیز می‌شود (اپستین، ۱۹۷۵). سبک و متخلخل بودن مواد آلی باعث کاهش وزن مخصوص ظاهری و افزایش درصد اشباع خاک می‌گردد (تائو و همکاران، ۱۹۹۲).

راس (۱۹۹۴) اعلام نمود، مواد آلی گرانوله گوگردی علاوه بر افزایش مواد آلی که می‌تواند باعث بهبود ساختمان وخلل و فرج خاک و در نتیجه افزایش درصد اشباع شود، دارای عناصر ماکرو و میکرو فراوانی است که می‌تواند سبب بهبود خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک گردد.

نتیجه گیری

تجزیه و تحلیل تیمارهای مورد آزمایش در این تحقیق به طور کلی نشان داد که تیمارهای اعمال شده بر اکثر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و صفات زراعی لوبیا مثبت است. ولی با توجه به آنالیز اولیه خاک مورد آزمایش، مقدار تیمارهای اعمال شده باید بیشتر شود. قسمت اعظم گوگرد معدنی در خاک به روش بیولوژیک اکسید می‌گردد. شرایط محیطی از جمله حاصلخیزی خاک و جمعیت میکروارگانیسم‌های اکسیدکننده در شدت اکسایش گوگرد تاثیر قابل توجهی دارند. معنی‌دار نبودن برخی از شاخص‌های اندازه‌گیری شده در خاک و گیاه در مقایسه با شاهد را می‌توان به اکسایش کم گوگرد، در نتیجه پایین بودن عناصر غذایی خاک و جمعیت اکسیدکنندگان گوگرد نیز نسبت داد.

استفاده از گوگرد و باکتری‌های اکسیدکننده آن (تیوباسیلوس) به منظور بهبود جذب عناصر غذایی در خاک‌های آهکی به عوامل متعددی از جمله نوع و مقدار گوگرد مصرفی، جمعیت اولیه و تلقیح شده باکتری‌ها و مهم‌تر از همه خصوصیات خاک (خاصیت بافری خاک و میزان قابل جذب عناصر) بستگی دارد. به دلیل آهک بالای خاک مورد مطالعه و پایین بودن سطوح گوگرد اعمال شده، اکسیداسیون گوگرد توسط باکتری تیوباسیلوس نتوانست کاهش محسوسی در pH ایجاد نماید به همین دلیل

عناصر غذایی مانند فسفر که قابلیت جذب آنها وابسته به pH است، نتوانست مورد استفاده گیاه قرار گیرد. لذا قبل از هر گونه توصیه و تصمیم گیری باید ابتدا کارایی و مزیت نسبی استفاده از آنها در شرایط مختلف بررسی شود تا بتوان توصیه لازم و تصمیم مناسب را اتخاذ نمود.

پیشنهادات

باتوجه به اینکه این تحقیق در بازه زمانی یک سال زراعی، در یک منطقه مشخص و روی یک رقم لوبیا و با کودهای خاصی انجام گرفت. برای حصول نتایج تکمیلی، موارد زیر پیشنهاد می‌گردد:

- از آنجایی که در این تحقیق سه سطح گوگرد مورد مطالعه قرار گرفت، پیشنهاد می‌شود که غلظت‌های بیشتر از ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار (مخصوصا در خاک‌های با آهک بالا) مورد مطالعه قرار گیرد.

- تکرار این تحقیق در شرایط مختلف آب و هوایی با زمان‌های کاشت متفاوت
- بررسی عکس العمل ارقام بیشتری از لوبیا نسبت به این فاکتورها
- تکرار آزمایش با اختلاط انواع دیگری از کود های شیمیایی، بیولوژیکی و دامی
- بررسی غلظت عناصر مختلف در گیاه و خاک پس از تکمیل دوره رشد

منابع مورد استفاده

آوان ا، بیک ع، حسنیان م، آوان ا، میر حافظ ر. و فارسی م، **(۱۳۸۷) "افزایش germination و هیپوکوتیل گیاهان با تاثیر عصاره ورمی‌کمپوست" مجموعه خلاصه مقالات اولین همایش ملی علوم و تکنولوژی بذر ایران"**، گرگان، صفحه ۳۲۲.

اخوان ز. و فلاح نصرت آباد ع، **(۱۳۹۲) "تاثیر گوگرد و مایه تلقیح تیوباسیوس بر pH خاک، وزن خشک و قابلیت جذب فسفر در کلزا"** نشریه مدیریت خاک وتولید پایدار،جلد ۳، شماره ۱، ۱۳۹۲

امامی ع، **(۱۳۷۵) " روشهای تجزیه برگ (جلد اول)"** نشریه فنی شماره ۹۸۲، موسسه تحقیقات خاک و آب.

امام ی. و نیک‌نژاد م، **(۱۳۷۲) "مقدمه ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی"** (ترجمه) انتشارات دانشگاه شیراز، ۵۷۰ ص.

امانی ف، پیرولی بیرانوند ن، رئیسی ف و موسوی شلمانی ا، **(۱۳۸۶) "ارزیابی اثرات گوگرد بر غلظت نیتروژن و جذب آن از منابع مختلف توسط سویا به روش رقت ایزوتوپی"** مجموعه مقالات دهمین کنگره خاک ایران، شهریور ۱۳۸۶.

امانی ف. و رئیسی ف، **(۱۳۸۶)"تاثیر مصرف گوگرد بر میزان غلظت فسفر و پتاسیم و روی توسط دو رقم سویا"** مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران.

بابایی پ، **(۱۳۸۷)**، پایان نامه کارشناسی ارشد.**"اثرات گوگرد و باکتری تیوباسیلوس، کود آهن و تلقیح رایزوبیوم بذر بر عملکرد و شاخص رشد سویا"**. زنجان. ایران.

باقری ع، محمودی ع ا و قزلی ف، **(۱۳۸۰) "زراعت و اصلاح لوبیا"** (ترجمه) انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۵۵۶ ص.

بایبوردی ص، **(۱۳۸۸)**، پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی **"بررسی افزایش راندمان مصرف سوپر فسفات تریپل از طریق کاربرد ریز جانداران بومی خاک در کشت ذرت"**. دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

بشارتی ح. و صالح راستین ن، (**۱۳۷۹**) **"تاثیر مصرف گوگرد و مایه تلقیح باکتریهای تیوباسیلوس بر مقدار آهن و روی جذب شده توسط ذرت در شرایط گلخانه ای"** مجله علوم آب و خاک، ش ۷، صفحه ۷۲-۶۳.

بشارتی ح. و فلاح ع، (**۱۳۸۸**)**"کارایی کود بیولوژیک حاوی باکتریهای تیوبسیلوس بر عملکرد و جذب عناصر غذایی در خاکهای آهکی زیر کشت گندم"** مجموعه مقالات یازدهمین کنگره علوم خاک ایران، گرگان، ۲۱ الی ۲۴ تیرماه ۱۳۸۸.

بشارتی کلایه ح، (**۱۳۷۹**) **" اکسایش گوگرد در خاک و بهینه سازی شرایط خاک جهت افزایش اکسیداسیون آن"** مجله خاک وآب، شمار۷، جلد ۱۲ صفحه های ۱۱۴-۱۰۶.

بشارتی کلایه ح، (**۱۳۷۷**) پایان نامه کارشناسی ارشد **"بررسی اثرات کاربرد گوگرد همراه با گونه های تیوباسیلوس در افزایش قابلیت جذب برخی از عناصر غذایی در خاک"** دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

بهره مند م، افیونی ر، حاج عباسی م و رضائی نژاد ی، **(۱۳۸۱)."اثر لجن فاضلاب بر خواص فیزیکی خاک"**مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان، جلد ۶، شماره ۴، صفحه ۹-۱.

پارسا م. و باقری ع ر، (**۱۳۸۷**) **"حبوبات"** چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۵۲۴ ص.

جامی‌الاحمدی م، کامکار ب و مهدوی دامغانی ع ا، (**۱۳۸۵**) **"کشاورزی، کود و محیط زیست"** (ترجمه) چاپ اول، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۳۷۲ ص.

حاجی‌هاشمی ف، (**۱۳۸۶**)، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد**"رابطه میکوریزا وزیکولار آربوسکولار با رشد، تغذیه و گره‌زایی دو رقم لوبیا چیتی در خاک استان اصفهان و کرمان"** دانشگاه شهید باهنر کرمان، ص ۳.

حسنی م، حیدری م. و برزگری م، (**۱۳۹۱**) **"بررسی اثر کود آهن و گوگرد بر عملکرد و اجزای عملکرد کنجد در شرایط تنش خشکی در گتوند"** فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی اهواز، سال چهارم، شماره شانزدهم، زمستان ۱۳۹۱.

خادم ا، گلچین ا. و زارع ا، (**۱۳۹۰**) **"تاثیر سطوح مختلف گوگرد بر قابلیت جذب فسفر و عناصر غذایی کم مصرف"** دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران، تبریز، ۱۲ الی ۱۴ شهریور ۱۳۹۰.

خادمی ز، الفتی م و داودی م، (**۱۳۸۰**) **" بررسی تاثیر مصرف کود های شیمیایی و آلی بر خصوصیات خاک در تناوب گندم و ذرت"** مقالات کوتاه هفتمین کنگره علوم خاک ایران.

خاوازی ک. و ملکوتی ج، (**۱۳۸۰**) **"ضرورت تولید کودهای بیولوژیک در کشور"** جلد اول، چاپ اول، انتشارات آموزش کشاورزی، تهران، ۶۰۰صفحه.

خاوازی ک، ملکوتی م ج و نورقلی پور ف، (**۱۳۸۲**) **"تاثیر کاربرد خاک فسفاف به همراه گوگرد و باکتری تیوباسیلوس بر عملکرد کمی و کیفی سویا و اثرات باقیمانده آن بر ذرت"** اولین سمینار ملی توسعه صنایع کود شیمیایی و آفت کش‌های نباتی.

خلدبرین و. و اسلام زاده ط، (**۱۳۸۰**) **"تغذیه معدنی گیاهان عالی"** انتشارات دانشگاه شیراز، ۹۰۲ صفحه.

خلیلی محله ح، رضادوست س و رشدی م، (۱۳۸۵) **"اثرات مصرف برگی عناصر ریز مغزی آهن، روی و منگنز بر خصوصیات کمی و کیفی سورگوم اسپیدفید در کشت دوم در خوی"** خلاصه ی مقالات نهمین کنگره ی علوم زراعت و صلاح نباتات ایران، صفحه ی ۸۰.

دادیور م. و خودشناس م ع، (**۱۳۸۶**)**"مطالعه تاثیر مصرف گوگرد بر جذب عناصر کم مصرف در لوبیا"** مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران.

درزی م ت، قلاوند ا، سفیدکن ف و رجالی ف، (**۱۳۸۷**) **"تاثیر کاربرد مایکوریزا، ورمی‌کمپوست و کود فسفات زیستی بر کمی و کیفیت اسانس گیاه دارویی رازیانه (Foeniculum vulgare Mill)"** فصلنامه علمی – پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، جلد ۲۴(۴) ص ۳۹۶ تا ۴۱۳.

روشنی م ر. و عبدلی م ع، (**۱۳۸۶**)**"ورمی‌کمپوست (طراحی، ساخت و اجرا)"** انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۲۸۷۷.

زرین کفش م، **(۱۳۷۲)"خاکشناسی کاربردی (ارزیابی و مورفولوژی و تجزیه های کمی خاک – آب – گیاه)"** انتشارات دانشگاه تهران، صفحه ۱۱۹.

زرین‌کفش م، **(۱۳۷۶)"حاصلخیزی خاک و تولید"**، موسسه انتشارات دانشگاه تهران.

سالاردینی ع، **(۱۳۷۱)"حاصلخیزی خاک"**، موسسه انتشارات دانشگاه تهران .

سالاردینی ع ا (مترجم)، **(۱۳۷۲)"اصول تغذیه گیاه"** جلد ۱ : جنبه های بنیادی، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۳۳ صفحه.

سپه وند م، **(۱۳۷۹) "تاثیر گوگرد میکرونیزه بر عملکرد و کیفیت دانه گیاه روغنی سویا. خلاصه مقالات سومین سمینار بین المللی دانه های روغنی و روغن های خوارکی"**. مرکز همایش های بین المللی صدا و سیما، یکم و دوم دی ماه ۱۳۸۹، صفحه ۱۴۷.

سمر س م. و ملکوتی م ج، **(۱۳۷۷) "اثر گوگرد، سولفات آهن و کود دامی وچگونگی مصرف آنها بر آهن قابل عصاره گیری خاک"** مجله علوم خاک و آب، جلد ۱۲، شماره ۵، صفحات ۵۵ تا ۶۱.

شاهرخ ع، **(۱۳۶۸) " اثر گوگرد در افزایش قابلیت جذب فسفر در زراعت پنبه در داراب"** سومین کنگره علوم خاک ایران، کرج، ایران.

شاه منصوری م. و پرورش ع، **(۱۳۷۱) "تهیه کودهای آلی کمپوست"**، انتشارات دانشگاه اصفهان.

شریفی عاشوری آبادی، ا . **(۱۳۷۷) "بررسی حاصلخیزی خاک در اکوسیستم های زراعی"**. پایان نامه دکتری زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات ،۲۸۴ صفحه

شیخی ج، رونقی ع. و حیدریان پور م ب، **(۱۳۹۰) " اثر ورمی کمپوست بر رشد و جذب فسفر و پتاسیم سه رقم توت فرنگی"** دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران، تبریز، ۱۲ الی ۱۴ شهریور ۱۳۹۰.

صالح‌راستین ن، **(۱۳۸۰) "کودهای بیولوژیک و نقش آن‌ها در راستای نیل به کشاورزی پایدار"** مجموعه مقالات ضرورت تولید کودهای بیولوژیک در کشور، صفحات ۱ تا ۵۴.

صلحی م. و درخشنده پور ، (**۱۳۷۸**) **"بررسی اثرات گوگرد در قابلیت جذب عناصر کم مصرف بر روی درختان سیب اصفهان"** چکیده مقالات ششمین کنگره علوم خاک ایران، ۶ تا شهریور، دانشگاه فردوسی مشهد، صفحات ۱۷۶ تا ۱۷۷.

عبادی ع، (**۱۳۶۵**) **"گوگرد و مصارف آن در کشاورزی"**. انتشارات واحد فوق برنامه بخش فرهنگی دفتر مرکزی جهاد دانشگاهی.

غفاری‌خلیق ح، (**۱۳۷۹**) **"پراکنش لوبیا در ایران"** نشریه ترویجی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، بخش تحقیقات حبوبات، نشر آموزش، ۱۱ ص.

فلاحتگر س، بابایی پ، بشارتی ح و چراتی ع، (**۱۳۹۰**)**"تاثیر مقادیر مختلف گوگرد و مایه تلقیح تیوباسیلوس بر عملکرد ماده خشک، میزان کلروفیل و جذب آهن و روی بخش هوایی در دو رقم سویا"**. اولین کنگره ملی علوم و فناوریهای نوین دانشگاه زنجان، ۱۹ الی ۲۱ شهریور ۱۳۹۰.

فرح بخش ح، منصوری م. شمس الدین سعید م، (**۱۳۸۶**) **" اثرات گوگرد، آهن و روی بر برخی خصوصیات رشدی، عملکرد کمی و کیفی آفتاب گردان (Heliathus annus. L) رقم رکورد"**، پژوهش کشاورزی : آب، خاک و گیاه در کشاورزی، شماره۴،جلد ۷، صفحه ۱۶۱.

قربانی ه، (**۱۳۸۶**) **"مروری بر کودهای بیولوژیک در ایران و نقش آن‌ها در حفظ محیط‌زیست و سلامت جامعه"** خلاصه مقالات دومین همایش ملی کشاورزی بوم‌شناختی ایران،گرگان، ۱۶ تا ۲۲ مهر.

کاظمی ش. و مردن ر، (**۱۳۸۹**)**"مطالعه تاثیر کمپوست، ورمی‌کمپوست، لجن فاضلاب و کود شیمیایی بر خصوصیات مورفولوژیکی، عملکرد پروتئین و دانه ارقام مختلف سویا"**، خلاصه مقالات سومین سمینار بین المللی دانه‌های روغنی و روغن‌های خوراکی، مرکز همایش‌های بین المللی صدا و سیما، یکم و دوم دی ماه ۱۳۸۹، صفحه ۱۶۵.

کلباسی م، (**۱۳۷۵**)**"وضعیت مواد آلی در خاکهای ایران و نقش کمپوست"** مجموعه مقالات پنجمین کنگره علوم خاک ایران، صفحه۷.

گوهر گانی ج، معزی ع، شیخ ممو م. و ملک پور ن، **(۱۳۹۲) "تاثیر گوگرد، تیوباسیلوس و ماده آلی بر عملکرد کلزا در خاکهای آهکی"** سیزدهمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۸ تا ۱۰ بهمن ۱۳۹۲.

مجنون‌حسینی ن، **(۱۳۸۷). "زراعت و تولید حبوبات"** چاپ چهارم، انتشارات جهاد دانشگاهی تهران، ۲۷۳ ص.

مجیدیان م ا، قلاوند ن، کریمیان و ع ا و کامگار حقیقی، **(۱۳۸۴) " تاثیر تنش رطوبت ، کود شیمیایی نیتروژنه ، کود دامی و تلفیقی از کود نیتروژن و کود دامی بر عملکرد، اجزای عملکرد و راندمان استفاده از آب در ذرت سینگل کراس ۷۰۴"**، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ، ۴۵ : ۴۳۲-۴۱۷.

ملکوتی م ج. و ریاضی همدانی ع، (مترجمان)، **(۱۳۷۰)" کودها و حاصلخیزی خاک"**، مرکز نشر دانشگاهی، ۸۰۰ صفحه.

ملکوتی م ج،**(۱۳۷۵) "کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه سازی مصرف کود در ایران"**، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

ملکوتی م ج. و نفیسی م، **(۱۳۶۷) "مصرف کود در اراضی فاریاب و دیم"** انتشارات دانشگاه تربیت مدرس.

موسسه تحقیقات آب وخاک، **(۱۳۶۹) "مجموعه فهرست شده موسسه تحقیقات آب وخاک"**، سازمان تحقیقات کشاورزی، شماره۸۰۶، تهران،ایران.

ملکوتی م ج، **(۱۳۸۴)"کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه‌سازی مصرف کود در ایران"** نشر سنا، ۴۹۶ ص.

ملکوتی م. و ریاضی همدانی س، **(۱۳۷۰)"کود و حاصلخیزی خاک"** جلد اول، چاپ اول، مرکز نشر دانشگاهی، تهران، ۸۰۰ صفحه.

ممی‌زاده ز، (**۱۳۹۰**) پایان نامه کارشناسی ارشد **"بررسی برهمکنش گوگرد، باکتری تیوباسیلوس و ورمی‌کمپوست بر روی عملکرد و اجزای عملکرد سویا و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک"**، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود .

منطقی ن، (**۱۳۶۵**)،**"تشریح و بررسی‌های آزمایشگاهی روی نمونه های خاک و آب"**، نشریه شماره ۱۶۸، موسسه تحقیقات خاک و آب.

میلانی م، سیستانی پ. و ه، (**۱۳۶۸**) **"بررسی اثر مقادیر مختلف گوگرد بر روی قابلیت جذب فسفر در زراعت یونجه"** نشریه ادواری موسسه تحقیقات خاک و آب، سال ۵، شماره ۱، صفحات ۴۲ تا ۴۶.

نورقلی پور ف، ملکوتی م ج و خاوازی ک، (**۱۳۷۹**) **"نقش باکتری های تیوباسیلوس و حل کننده فسفات بر افزایش قابلیت جذب فسفر از منبع خاک فسفات بوسیله ذرت** .مجله علمی پژوهشی خاک و آب (ویژه نامه تیوباسیلوس) جلد۱۲ شماره ۱۱، ۴۴-۵۳.

نیک نیایی ا، (**۱۳۸۶**)**"بررسی امکان بهره‌گیری از توان بالقوه گوگرد و باکتری تیوباسیلوس بومی خاکهای ایران در افزایش جذب برخی عناصر غذایی و عملکرد گندم در خاکهای آهکی"**، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

والاس جی، (**۱۳۸۴**) **"اصول کشاورزی زیستی" (ارگانیک)**(ترجمه:کوچکی ع ا، غلامی ع، مهدوی دامغانی ول. تبریزی)، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

یادگاری م. و برزگر ر، (**۱۳۸۶**). **"زراعت ارگانیک لوبیا"** چاپ اول، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی شهرکرد، ۱۶۸ ص.

Abu – Zeid M I, Nafady M H , Hassanien H G . and Ahmed M M.(**1997**). **" The capacity of clay soil to supply P and K as affected by adding organic manure "** .Assiut . J .Agric .sci . , 23 (4) : 171 – 185 .

Aggelide, S.M. and P.A. Londra**.(2000) "Effect of compost produced from town wastes and sewage sludge on the Physical properties of a Lomy and Clay soil".** Bioresour. Technol. 71: 235-259.

Aiken G R, McKnight D M. and Wershaw R L, eds**.(1985)."Humic Substances in Soil, Sediments, and Water."**Wiley(Interscience) New York.

Arnaud C, M. Saint-Denis J F. Narbonne P. Solerand and D. Ribera. (**2000**)**. "Influences of different standardized test methods on biochemical responses in the earthworm Eisenia fetida Andrei".** Soil Biol. Biochem. 32: 67-73.

Asta M **.(1388)." Effect of magnesium fertilizers, sulfur and Thiobacillus bacteria Thio-oxidance on yield, yield components and oil percent Rapeseed"**. MSc. Thesis of agronomy. Agricultural and natural Science of Sari

Aveyard J. (**1988**)**. "Land degradation: Changing attitudes - why?"** Journal of Soil Conservation, New South Wales 44:46–51.

Azarni R, Tirabi Giglou M, Didar Taleshmikail R, **(2008) "Influence of vermicompost on soil chemical and physical poperties in tomato (Lycopersicum esculentum) field"**. Biotechnology Vol 7(14: 2397-2401).

Bao L, **(1998) "The changes of Fertilizer structure and effectiveness in china, Jaingxi Scientific and Techtohlogy Publisher",**China.

Baruzzini L and Delzan F, (**1992**)**. "Soil fertility improvement and pollution risks from the use of compost referred to N, P, K and C balance".** Pp. 51-62. Soil International Symposiumon Compost Recycling ofWastes, Athenes, Greece.

Beauchamp E. G., (**1987**) .**"Corn response to residual N From Urea and manure applied in previous year"** can. J. soil sci., 67: 931 – 942.

Burns G.R. (**1968**)."**Oxidation of sulphur in soils"**. Tech. Bull. No. 13.Washinhton. D. C.:TheSulphur Institute, June 1968.

Buffle J., and Stumm, W. **(1994)."General chemistry of aquatic systems. In "Chemical and Biological Regulation of Aquatic Systems"** (J. Buffle and R. R. DeVITRE,EDS.), PP. 1-42.CRC Press, Boca Raton, FL.

Biswas D.R.S.A.Ali and M.S.Khera**, (1995). "Response of gobhi sarson (Brassica nupus L. Tsn-706) to nitrogen and sulphur".** Jornal of Science. 43(2):220-223.

Bixby D. T., and J. D. Beaton.(**1970)."Sulphur-containing fertilizer, properties and applicationTech".** Bull. NO. 17. Washington, D.C.: The sulphurInstitue, Desember 1970.

Cecil F . and tester C .F .(**1990**)**."Organic amendment effects on physical and chemical properties of a Somali soil"**. J.soil sci. Am., 54:827-831.

Chandrasekar B.R.,G.Ambrose, and N. Jayabalan. (**2005**). **"Influence of biofertilizers and nitrogen source level on growth and yield of Echinochloa frumentancea (Roxb) Link".** J. Agric. Tech. 1(2):223-234.

Deluca T. H. E. O. Skogley and R. E. Egle. (**1989**)**. "Band – applied elemental sulfur to enhance the phytoavailibility of phosphorus in alkaline calcareous soils".** Biol.And Fert.Of Soils. 7: 346-350 reclamation and management of calcareous soils.

Drinkwater, L.E., D.K. Letourneau, F. Worknesh, A.H.C. Van Bruggen, and C. Shennan, **(1995) "Fundamental differences between conventional and organic tomato agroecosystem in California"** . Ecological Applications 5(4):1098-1112.

Dubey S.K. and Billor, **(1995). " Effct of level and source of sulfur on symbiotic and biometrical parameters of Soyban (Glycin max)"**. Lndian Journal Agricultural Siences. 65:140-144.

Eaglisham A.R.J., S. Hassouna, and R. Seegers. (**1983**). **"Fertilizer-N effects on N_2 fixation by cowpea and soybean"**. J. Agro. 75:61-66.

Eldor A. P **(2007). "Soil Microbiology, Ecology and biochemidtry"** Colorado state university fort Collins, co, USA, PP 400-431.

Ensminger L. E. (**1985**) .**"Sulfur in relation to soil fertility"**. *Alabama Agr. .Exo. Sta. Bull. 312*.

Epstein, E**.** (**1975**) .**"Effects of sewage sludye on soil physical properties**." J .Environ . Qual .,21:318-329.

Garcia-Gomez A., Bernal M. P., A. Roing. **(2002)."Growth of ornamental plants in two composts prepared from agrioindustrial wastes"**. Bioresource Technology 83, 81-87.

Giusquiani P. L, pagliais M., Giyliotti G., Businell D. and Benetti A**.**(**1995**) .**"Urban waste compost effect on physical, chemical, and biochemical soil properties"**. *J Environ. Qual*.,24:175-182.

Graham P.H., and P. Ranalli. (**1997**)**. "Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.)"**. Field Crops Research. 53:131-146.

Greenland D.L**. (1971). "Interactions between humic and fulvic acids and clays"**. Soil Sci. 111,34-41.

Guang, W. (**1995**). **"Evaluation of nitrogen availability in irrigated sewage sludge compost and manure compost"** , J . Environ .Qual . , 24 : 527 – 523 .

Parthasarathi K.**(2007). "Influence of moisture on the activity of perionix excavates (Perrier) and microbial-nutrient dynamics of pressmud vermicompost".** Division of vermibiotechnology, Department of Zoology, Annamalainagar University, Annamalainagar-608002, India.

Haby V.A., Russelle M.D., Skogly E.O. **"Testing soil for potassium, calcium and magnesium"**, Pp. (181-227). In S.H. Mickelson (ed). Soil Testing and plant analysis. Madison. Wl.

Hagin J., B. Tucker. **(1982). "Fertilization of dry land and irrigated soils",** Spring-Verlag, New York, 186 p.

Han H.S.,Supanjan and K.D.Lee. (**2006**)**. "Effect of co- inoculation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber".** Plant Soil Environ.,52:130-136.

Helling C. S., Chester G., and C OREY R. B**. (1964). "Contribution of organic matter and clay to soil cation-exchange capacity as affected by the pH of the saturation solution".** *Soil Sci. Soc. Am. Proc. 28, 517-52\0.*

Hiscox J.D. and Israelstam G.F**. (1978). "A method for the extraction of chrophyll from leaf tissue without naceration".** Can. J. Bot. 57:1332-1334

Holmes M.R.J., and A.K. Ainsley. **(1979). "Nitrogen top-dressing requirements of winter oilseed rape"**. J. Sci. Food. Agric. 30: 119-128.

Johnston A.M., Janzen H.H., Smith E.G. (**1995**)**. "Long-term spring wheat Response to summer fallow frequency and organic amendment in southern Alberta".** Canadian Journal of Plant Science. 75. 347–354.

Jordan H.V.,and L. E. Ensminger,(**1958)."The role of sulfur in soil fertility**."*Advan. Agron.,* **10**:408 (1958).

Kalbasi M. , F.filsoof and Y. Razaai- Nejad**. (1998). "Effect of slfur tament on yield and uptake of Fe, Zn and Mn by corn, soybean".** J.Plant Nutr.11:1953-1360.

Jones M. B., and J. E. Ruckman**.** (**1969). "Effect of particle size on long-term availability of sulfur on annual-type grasslands.**"*Agron*.J., 61:936

Johnson G V**,(1975) "Cause and effects of soil Acidity**". Oklahoma Cooperativ Extension Fact Sheets. F-2239.

Kachhave K.G.S.D.Gawand and O.D. Kohire, **(1997)." Uptake of nutrient by chickpea, Journal of the lndian society of soil science"**. 45:490-591.

Kaplan M.and S. Orman, **(1998). "Effect of elemental sulfr and sulfur containing waste in a calcareous soil in a turkey".** Journal plant Nutrition. 21:1655-1665.17.

Khvazi K., Besharati H, Nourgholipor F and Malakouti M. J**.(2001). "Effect of Thibacillus bacteria on increasing P availabitig from rock phosphate for corn grown on The calcareous soil of Iran"** International Meeting on Direct Application of Rock Phosphate and Related Appropriate Technology-Latest Development and Practical Experince, Kuala Lumpour, Malaysia.

Killham K **(1994). "Soil Ecology".** Cambridge university press, Cambridge Great Britian, pp 141-150.

Kim N.I., and G.M. Paulsen. (**1986). "Response of yield attributes of isogenic tall, semi dwarf, and double dwarf winter wheats to nitrogen fertilizer and seeding rates"**. Crop Science. 156(3):197-205.

Kittams H. H. and O. J. Attoe. **(1965)." Availability of P in rock phosphate sulfur fusion".**Agron. J., 57: 331-334.

Kolata E., Beresniiewicz A., Krezel J., Nowosielshi L. and slow o. (**1992**)**."slow release fertilizers on organic carriers as the source of N for vegetable crops production in the open field".** Acta-Horticaulhtre,339:241-249.

Kowaljow E., Mazzarino M.J. (**2007**)**. "Soil restoration in semiarid Patagonia: Chemical and biological response to different compost quality".** Soil Biology & Biochemistry. 39, 1580–1588.

Kononva M. M. (**1961**)**." *Soil* Organic Matter Pergamon Press"**. New York

Kumar R., V.P. Singh, and R.C. Singh. (**2002**). **"Effect of N and P fertilization on summer planted mung bean (*Vigna radiate* L.)"**. 24(3): 467-470.

Larson J. E., warren D.F. and Langton K., (**1995**).**" Effect of Fe and Al and Humic acid on phosphorous fiction by organic soil"** , *soil sci. Am. Proc* ., 23: 438 – 440 .

Leung K., and P.Y. Bottomley. **(1987). "Influence of phosphate on the growth and nodulation characteristic of *Rhizobium trifolii*"**. Appl. Environ. Microbiol. 53:2098-2105.

Li. Paulina Y. W.(**1964)."The oxidation of elemental sulfur in soil."** MS Thesis. Univercity of Minnesota.

Lindsay W. L. (**1979**)**."Chemical Equilibria in Soils".** John Wiley & Sons, New York.

Lynd J.G., and T.R. Anson, (**1990). "Soil conditions with distinctive coralloid nodulation and nitrogen fixation of Mecca alfalfa"**. **J. Plant Nutr**. 13:77-94.

Makenzie R.H., A.B. Middleton K.W. Seward R. Gaudiel C. Wildschut, and E. Bremer. **(2001). "Fertilizer responses of dry bean in southern Alberta". Can. J. Plant Sci**. 81:343-350.

Martin H.W., Sparks, D.L., **(1985). "On the behavitor of nonexchangable potassium in soils"**. Comm. Soil. Sci. Plant. Anal. 16: 133-162.

Marschner H. **(1995).** "**Mineral nutrition of higher plants**". Academic Press. San Diego, CA. USA.

Mortensen J. L. and F. L. Himes. (**1964**)**. "Soil Organic Matter"**. Ch. 5 In Chemistry of theSoil.

Mortland M. M. and W. D. Kemper. (**1965**)**. "Specific Surface".** Ch.42 In Methods of Soil Analysis. Amer. Soc. Agron. Monog.No. 9. Part1.

Naghrajah S ., Posener A . M .and Quirk , J . P . (**1970**) .**"competitive adsorption of phosphates with polygalacturonate and other organic anions on kaolinite and oxide surfaces"** , nature , Netherlands .

Nelson D. W. and kladivko E. J.(**1979**) .**"changes in soil properties from application of anaerobic sludge**." *J. water poll . control fed* ., 51 : 325-332.

Obi M .E . and P.O.Ebo **.**(**1995**) **." The effects of organic and inorganic amendment on soil physical properties and maize production in a severely degraded sandy soil in southern Nigeria.Biores"**. Tech nol .51:117-123.

Olsen S.R., C.V. Cole, F.S. Watanabe, and L.A. Dean**. (1954). "Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate".** United States Department of Agriculture Circular. 939:1-19.

Page A .L .(**1974**)**." fact and effects of trace element in sewage sludge when applied to agricultural lands"** , *Environ . Technol .ser ,EpA – 670 / 2 – 74oo5* , cicinnatiohio , 98 p .

Page, A. L, R. H. Miller and D. R. keeney. **(1982) "Methods of soil Analysis,. Part 2, chemical and Microbiological propertis".** American Society of Agronomy, Inc. Soil Science of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA.

Phukan S. N. (**1993**)**. "Effect of plant nutrition on the incidence of late blight disease of potatoin relation to plant age and leaf position".** Indian Journal.Mycol. Plant Pathol. 23: 287-290.

Reddy S N, and singh B G**, (1996) "Growth and development of sunflower as influenced by sulfur and bensyladenine"**. Annals of Plant Physiology, 10 (2): 171-175.

Rupela OP and Taura P, **(1973)." Isolation and characterization of thiobacillus from alkali soil"**. Soil Biology & Biochemistry. 5: 91-897.

Saber M.S.M., and Zanati M.R. **(1981). "Effectivness of inoculation with silicate bacteria in relation to the potassium content of plants using the intensive cropping technique"**. Agricultural Research Review., 59(4): 279 292.

Sahni S, Sarma B K, Singh D P, and Singh K P Singh K P, **(2008) "Vermicompost enhances performance of plant growth – promoting rhizobacteria in Cicer arietium rhizosphere against Sclerotium rolfsii".** Crop Protection. 27: 369 -379.

Sagoe C.l. Ando,T., Kouno K. and Nagaoka T**.**(**1998**)**."Residual effects of organic acid treated phosphate rocks on some soil properties and phosphate availability".** Soil Science and Plant Nutrition,44:627-634.

Sattar. **(1985). "biofertilizers in crop production".** ADAB NEWS. Vol.xll.no.3.

Schere H. W. and A.N.Lange, **(1996). "Fixation and growth of Legumes as affected by sulfur fertilization, biology and fertility of soils".** 23:449-453.18

Shama A K**.(2002)."Biofertilizers for sustainable agriculture"**.Agrobios, India. 300 p.

Sharma S., R.G, Upadhyay C.R Sharma and Rameshwar. **(2003). "Response on growth, physiological parameters and yield of *Vigna radiate* L"**. Wilczek under rain fed and mid hill conditions of Himachal Pradesh. Indian Journal of Agricultural Research. 37(1): 52-55.

Sharon D. Anderson. (**2003). "Dry bean production Giude".** North Dakota State University.

Shi-wei Z., Fu-zhen H. (**1991**)**. "The nitrogen uptake efficiency from N labeled chemical fertilizer in the presence of earthworm manure".** In: Veersh, G.K., Rajgopal D., Viraktamath, C.A. (Eds.), Advances in Management and Conservation of Soil Fauna. Oxford and IBH publishing Co., New Delhi,Bombay,.

Snowball K, and A. D. Roboson. (**1991**)**. "Nutrient deficiencies and toxicities in wheat: A guide for identification"**. CIMMYYT, Mexico.

Stacey G., R.H. Buris, and H.J. Evans. **(1992).** "**Biological Nitrogen Fixation**". Chapman and hall, New York.

Stevenson F. J. **(1982)."Humus Chemistry."**Wiley, New York.

Stwart B.A**. (1967). "Nitrogen-sulphur relationships in plant tissues, plant residues and soil organic matter".** Comm, II and IV Intern. Soc.SoilSoi. : 131-138.

Tabatabai M. A .**(1986) " Sulfur in Agriculture. Am"** Soc of Agronomy Inc. V Madison, Wis. U. S. A.

Taohe X., Traina, S. J. and Tlogan, J.(**1992**) .**"chemical properties of municipal solid waste",**J Environ. Qual., 21:318–329.

Tate III R.L. **(1995) " The Sulfur and related biogeochemical cycles"** In soil microbiology John Wiley & sons Lnc. , New York. P. 356-372.

Thurman E M **(1985)."Organic Geochemistry of Natural Waters."**Kluwer Academic Publishers, Hingham, MA.

Tisdale S.L., Nelson W. L., Beaton J. D. and Havlin J. L.(**1993**)**. "Soil Fertility and Fertilizer"**. 5 th ed. Mcmillon pblihing Co., New York.

Vander zaag p . (**1981**) .**"soil fertility requirement for potato production technical in information Bulletin"** No : 14 . *International potato center* (CIP) *lima , Peru* . zop .

Vidyalakshmi, R, Paranthaman R and Bhakyaraj, R. **(2009). "Sulphur Oxidizing Bacteria and Pulse Nutrition"** World Journal of Agricultural Science, 5(3) : 270-278.

Wain Wright M. **(1984). "Sulfur oxidation in soils"** Advances in Agronomy. 37: 346-396.

Yu M., Q. Gao, and M.J. Shaffer. **(2002).** "**Simulating interactive effects of symbiotic nitrogen fixation, carbon dioxide elevation, and climatic change on legume growth**". **J. Environ. Quality**. 31:634-641.

Zhi hui Y., Stoven, K., Haneklaus, S., Singh, B., R and Schung E. **(2010) "Elemental sulfur Oxidation by Thiobacillus spp. and Aerobic**

Heterotrophic Sulfur-Oxidizing Bacteria" Soil Sciences Socirnty of China, 20, 1, pp 71-79.

Zaller J G, **(2007) "Vermicomost as a substitute for peat in potting media: Effect on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of thee tomato varieties"** Scientia Horticulturae. 112: 191-199.

پیوست

جدول پیوست ۱- میانگین مربعات صفات زراعی لوبیا تحت تاثیر گوگرد گرانوله، باکتری تیوباسیلوس و کود ورمی‌کمپوست- (الف)

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	میزان سطح برگ	تعداد غلاف در بوته
تکرار	۲	۱۴۵۴/۱۰۱*	۳۵۹۳۹۰۰/۸ ns	۱۰۶۰/۸۶۱ ns
گوگرد	۲	۱۰۵/۱۹۴ ns	۲۵۳۴۳۰۷/۸ ns	۲۱۰۰/۷۷۸ ns
تیوباسیلوس	۱	۲۹۱/۲۷۱ ns	۱۴۱۱۰۲۳/۲ ns	۲۸/۴۴۴ ns
گوگرد× تیوباسیلوس	۲	۷۹/۴۸۸ ns	۷۰۳۳۵۸/۵ ns	۲۹۳۰/۰۲۸ ns
ورمی‌کمپوست	۱	۸۷/۱۱۱ ns	۱۵۸۷۰۴۹/۹ns	۴/۶۹۴ ns
گوگرد× ورمی‌کمپوست	۱	۴/۷۰۸ ns	۴۵۵۵۶۰۰/۱ns	۵۶۷/۵۲۸ ns
تیوباسیلوس × ورمی‌کمپوست	۱	۵۳/۷۷۸ ns	۳۷۸۲۰۶/۴ ns	۱۲۱۳/۳۶۱ ns
گوگرد× تیوباسیلوس × ورمی‌کمپوست	۲	۷۶/۸۸۱ns	۲۰۲۴۰۱۸/۵ ns	۱۳۷۰/۳۶۱ ns
اشتباه	۲۲	۸۱/۵۳۶	۱۶۸۳۰۰۴/۵	۱۰۲۶/۲۱۷
ضریب تغییرات (٪)		۱۱/۳۷	۴۳/۴۱	۳۶/۵۹

*و** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد می باشد.

ns از لحاظ آماری اختلاف معنی دار وجود ندارد.

جدول پیوست ۲- میانگین مربعات صفات زراعی لوبیا تحت تاثیر گوگرد گرانوله، باکتری تیوباسیلوس و کود ورمی‌کمپوست- (ب)

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن صد دانه	فسفر دانه	کلروفیل
تکرار	۲	۵/۷۰۱ ns	۰/۰۰۱ ns	۲۴/۵۵۸ ns
گوگرد	۲	۱/۶۰۰ ns	۰/۰۰۰ ns	۱۸/۰۰۵ *
تیوباسیلوس	۱	۱۷/۷۸۰ns	۰/۰۰۱ ns	۱۶/۵۷۲ ns
گوگرد× تیوباسیلوس	۲	۰/۳۹۴ ns	۰/۰۰۱ns	۲/۷۳۴ ns
ورمی‌کمپوست	۱	۰/۳۰۲ ns	۰/۰۰۱ ns	۵/۱۵۹ ns
گوگرد× ورمی‌کمپوست	۱	۰/۰۹۳ ns	۰/۰۰۳ ns	۱/۴۳۵ ns
تیوباسیلوس × ورمی‌کمپوست	۱	۰/۴۶۷ ns	۰/۰۰۳ ns	۰/۳۸۵ ns
گوگرد× تیوباسیلوس × ورمی‌کمپوست	۲	۰/۱۶۴ ns	۰/۰۰۱ ns	۱/۷۵۱ ns
اشتباه	۲۲	۵/۰۶۰	۰/۰۰۳	۴/۳۰۸
ضریب تغییرات (٪)		۱۰/۲۷	۱۵/۹۳	۴/۵۹

*و** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد می باشد.

ns از لحاظ آماری اختلاف معنی دار وجود ندارد.

جدول پیوست ۳- میانگین مربعات صفات زراعی لوبیا تحت تاثیر گوگرد گرانوله، باکتری تیوباسیلوس و کود ورمی‌کمپوست- (ج)

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد پروتئین دانه	عملکرد پروتئین	عملکرد دانه
تکرار	۲	۹۰/۹۶۹ ns	۸۹۲۶۴۳/۶ ns	۲/۹۳۸ ns
گوگرد	۲	۲۴۵/۰۴۶ ns	۱۷۶۸۷۸۴/۸ ns	۳/۱۳۹ ns
تیوباسیلوس	۱	۱۰۵/۴۲۳ ns	۳۵۲۷۳۹/۲ ns	۰/۰۰۲ ns
گوگرد× تیوباسیلوس	۲	۴۳۶/۴۶۰*	۵۷۵۰۸۵/۹ *	۵/۴۰۲ ns
ورمی‌کمپوست	۱	۱/۵۱۶ ns	۱۰۴۷۸/۹ ns	۰/۰۸۰ns
گوگرد× ورمی‌کمپوست	۲	۱۰۶/۶۴۳ ns	۱۰۷۳۸۴۹/۸ ns	۱/۷۲۵ ns
تیوباسیلوس × ورمی‌کمپوست	۱	۳۹/۹۹۸ ns	۶۳۲۵۷/۵ ns	۰/۶۶۷ ns
گوگرد× تیوباسیلوس × ورمی‌کمپوست	۲	۷۱/۳۵۴ ns	۳۳۲۴۷۴/۳ ns	۳/۱۶۷ns
اشتباه	۲۲	۷۸/۸۲۶	۱۵۱۲۶۲۹/۳	۱/۹۴۳
ضریب تغییرات (٪)		۳۰/۲۰	۵۹/۱۴	۳۶/۲۳

*و** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد می باشد.
ns از لحاظ آماری اختلاف معنی دار وجود ندارد.

جدول پیوست۴- میانگین مربعات خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تحت تاثیرگوگرد گرانوله، باکتری تیوباسیلوس و کود ورمی‌کمپوست- (الف)

منابع تغییر	درجه آزادی	pH	EC(dS /m)
تکرار	۲	۰/۰۳۳ ns	۰/۰۱۱ns
گوگرد	۲	۰/۰۰۵ns	۰/۳۶۱**
تیوباسیلوس	۱	۰/۰۱۹ ns	۰/۰۰۸ ns
گوگرد× تیوباسیلوس	۲	۰/۰۱۴ ns	۰/۰۲۶ ns
ورمی‌کمپوست	۱	۰/۲۴۷**	۰/۰۰۱ ns
گوگرد× ورمی‌کمپوست	۱	۰/۱۵۸	۰/۰۱۵ ns
تیوباسیلوس × ورمی‌کمپوست	۱	۰/۰۰۶ ns	۰/۰۵۴ ns
گوگرد× تیوباسیلوس × ورمی‌کمپوست	۲	۰/۰۶۷ ns	/۰۷۲**
اشتباه	۲۲	۰/۰۲۳	۰/۰۲۰
ضریب تغییرات (٪)		۱/۹۵	۲۵/۸۷

*و** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد می باشد.
ns از لحاظ آماری اختلاف معنی دار وجود ندارد.

جدول پیوست۵- میانگین مربعات خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تحت تاثیرگوگرد گرانوله، باکتری تیوباسیلوس و کود ورمی کمپوست

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد کربن آلی	درصد آهک	درصد رطوبت اشباع
تکرار	۲	۰/۰۰۵ ns	۱۵/۴۰۹ *	۷/۸۲۱ns
گوگرد	۲	۰/۰۰۳ ns	۲/۸۳۸ ns	۷۷/۴۵۴ ns
تیوباسیلوس	۱	۰/۰۲۰ns	۰/۱۹۲ ns	۱۳/۱۰۴ ns
گوگرد× تیوباسیلوس	۲	۰/۰۳۵ **	۲/۵۸۲ ns	۶۱۰/۵۲۵ *
ورمی‌کمپوست	۱	۰/۱۲۳**	۰/۴۷۴ ns	۲۹۳/۶۶۵ ns
گوگرد× ورمی‌کمپوست	۲	۰/۰۶۵ **	۰/۰۷۸ ns	۹۶/۲۸۷ ns
تیوباسیلوس × ورمی‌کمپوست	۱	۰/۰۰۰ ns	۰/۴۷۴ ns	۶۴۳/۶۳۷*
گوگرد× تیوباسیلوس × ورمی‌کمپوست	۲	۰/۰۰۸ ns	۱/۳۷۸ ns	۷۱/۹۰۵ ns
اشتباه	۲۲	۰/۰۰۶	۳/۳۵۸	۱۲۷/۸۶۰
ضریب تغییرات (٪)		۳/۳۸	۳/۰۹	۲۲/۴۴

*و** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد می باشد.
ns از لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار وجود ندارد.

جدول پیوست۶- میانگین مربعات خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تحت تاثیرگوگرد گرانوله، باکتری تیوباسیلوس و کود ورمی‌کمپوست- (ج)

منابع تغییر	درجه آزادی	Total N (٪)	Total S (٪)	P(ava) ppm	K(ava) ppm
تکرار	۲	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۰۰ns	۳/۱۱۰ns	۱۲۱/۸۶۸
گوگرد	۲	۰/۰۰۰*	۰/۰۱۸ **	۱/۹۷۸ ns	۱۷۷/۶۱۱
تیوباسیلوس	۱	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۰۶ ns	۰/۳۷۴ ns	۵۰/۹۳۴
گوگرد× تیوباسیلوس	۲	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۳ ns	۱/۱۳۶ ns	۶۱/۵۸۹
ورمی‌کمپوست	۱	۰/۰۰۲ **	۰/۰۰۶ ns	۰/۸۶۲ ns	۳۸۵/۱۸۶
گوگرد× ورمی‌کمپوست	۱	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱ns	۶/۱۹۰ns	۲۶۶/۷۹۷
تیوباسیلوس × ورمی‌کمپوست	۱	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۰۰ns	۱۹/۵۵۱ns	۵۸۴/۰۸۴
گوگرد× تیوباسیلوس × ورمی‌کمپوست	۲	۰/۰۰۰ns	۰/۰۰۰ns	۴/۱۴۷ ns	۵۱/۳۲۸
اشتباه	۲۲	۰/۰۰۰ns	۰/۰۰۲	۴/۹۲۲	۵۳/۷۴۱
ضریب تغییرات (٪)		۳/۸۱	۳۶/۸۴	۱۱/۴۷	۲/۳۵

*و** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد می باشد.
ns از لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار وجود ندارد.

Abstract

Misconception of using more fertilizer, results in more yield is more common among the majority of Iranian farmers in one hand, and not using different types of organic and biological fertilizers on the other side, caused imbalances in nutrient of the soil and plant, soil degradation and environmental pollution. Considering that in Iran most arable lands are in calcareous beds and often they have pH over 8, because of that absorption of nutrient will make problem. One of the best ways to reduce soil pH, use of elemental sulfur and sulfur-oxidizing bacteria as acid producing agents.
For this purpose, an experiment was designed entitled Effects of sulfur granular, organic fertilizer vermicompost and *Thiobacillus* bacteria on red bean yield and some soil physical and chemical properties which was located in the city of Damghan Roudbar Chelated based on factorial randomized complete block design with three replication and 36 experimental plots. Sulfur granular at three levels S_0 = control, S_1 = 500 kg ha^{-1}, S_2 = 1000 kg ha^{-1} application, vermicompost at two levels V_0= control, V_1= 5 tons ha^{-1} and *Thiobacillus* at two leveles T_0= control and T_1= applied. Analysis of variance of the data showed that the combination two factors of granulated sulfur and *Thiobacillus* bacteria causing significant increases in bean seed protein content and yield of protein and with increasing sulfur granulation levels, chlorophyll percentage and total sulfur was increase too. Use of 5 ton ha^{-1} of vermicompost could increase organic carbon and saturation percent. The main effects of treatments and their interactions effect could reduce soil pH, and therefore, according to the high lime in the soil, the lime content of the soil did not show significant decreases. In brief, we can conclude that use of granular sulfur with vermicompost and *Thiobacillus* bacteria can improve some chemical and physical properties of soil, but due to the low value of applied treatments it did not have significant effect on yield increase of bean.

keywords: Granular sulfur, organic fertilizer vermicompost, *Thiobacillus*

Shahrood University of Technology

Faculty at Agriculture

Department of Water and Soil

Study of the interaction of sulfur, Thiobacillus bacteria and vermicompost on bean yield and some physical and chemical properties of soil

Elahe Mahdifar

Supervisor(s):

Shahin Shasavani

Advisors:

Ali Asghar Naderi

Hamid Reza Asghari

September 2014